



# Espacenet

## Bibliographic data: JP 2001507525 (A)

### PROCEDE POUR LE TRANSFERT D'UN FILM MINCE COMPORTANT UNE ETAPE DE CREATION D'INCLUSIONS

**Publication date:** 2001-06-05

**Inventor(s):**

**Applicant(s):**

**Classification:**  
 - international: H01L21/02; H01L21/265; H01L21/762; H01L27/12; (IPC1-7): H01L21/265; H01L27/12  
 - european: H01L21/265A; H01L21/762D8B

**Application number:** JP19990535755T 19981229

**Priority number (s):** FR19970016696 19971230; WO1998FR02904 19981229

**Also published as:**

- JP 3681178 (B2)
- FR 2773261 (A1)
- US 6756286 (B1)
- TW 412598 (B)
- WO 9935674 (A1)
- more

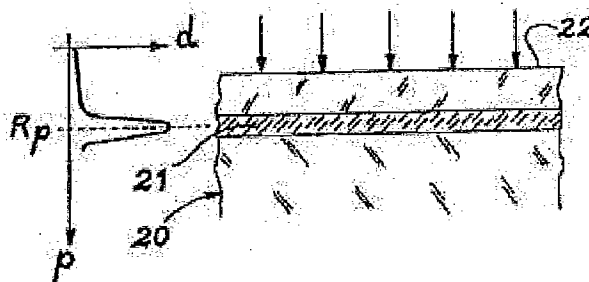
**Abstract not available for JP 2001507525**

**(A)**

**Abstract of correspondent: FR 2773261**

**(A1)**

The invention concerns a method for transferring at least a thin film of solid material delimited in an initial substrate (20) comprising the following steps: a step for forming a layer of inclusions (21) in the initial substrate (20), at a depth corresponding to the thickness required for the thin film, said inclusions being provided to constitute traps for the gas species to be subsequently implanted; a subsequent step for implanting said gas species so as to bring the gas species into the layer of inclusions (21), the dose of implanted gas species implanted being sufficient to bring about the formation of microcavities capable of constituting a fracture plane enabling the thin film to be separated from the rest of the substrate.



Last updated: 26.04.2011 Worldwide Database 5.7.23.1; 92p

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2001-507525  
(P2001-507525A)

(43) 公表日 平成13年6月5日(2001.6.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 27/12		H 0 1 L 27/12	B
21/265		21/265	Q

審査請求 有 予備審査請求 未請求(全 58 頁)

(21) 出願番号 特願平11-535755  
(86) (22) 出願日 平成10年12月29日(1998.12.29)  
(85) 翻訳文提出日 平成11年8月27日(1999.8.27)  
(86) 国際出願番号 P C T / F R 9 8 / 0 2 9 0 4  
(87) 国際公開番号 W O 9 9 / 3 5 6 7 4  
(87) 国際公開日 平成11年7月15日(1999.7.15)  
(31) 優先権主張番号 9 7 / 1 6 6 9 6  
(32) 優先日 平成9年12月30日(1997.12.30)  
(33) 優先権主張国 フランス (F R)  
(81) 指定国 E P (A T, B E, C H, C Y, D E, D K, E S, F I, F R, G B, G R, I E, I T, L U, M C, N L, P T, S E), J P, K R, S G, U S

(71) 出願人 コミツサリア タ レネルジー アトミー  
ク  
フランス国75015 パリ, リュ デ ラ  
フェデラシオン, 31-33  
(72) 発明者 モリセウ ユベルト  
フランス国 サン-エグレベ, リュー デ  
ュ フールネット 26  
(72) 発明者 ブリュエル ミハエル  
フランス国 ベウレイ, プレスベルト ナ  
ンバー 9  
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外6名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 包含物作成工程を含んで成る薄膜の移行法

(57) 【要約】

本発明は、原基板(20)において境界を画成している少なくとも1層の固体材料の薄膜を移行させる方法に関する。この方法は、次の工程、即ち： - 包含物(21)の層を、原基板(21)中で、該薄膜の所要厚さに相当する深さの所に形成する工程であって、それら包含物がその形成に続いて注入されるガス状化合物のトラップとなるように設計されている該工程； - 上記工程に続く該ガス状化合物の注入工程であって、それらガス状化合物の注入エネルギーが、基板(20)中の該ガス状化合物の平均投影飛程が包含物層(21)の深さに相当するそのようなエネルギーであり、また該注入ガス状化合物の投与量が、破面を形成するのに適したマイクロキャビティであって、該波面に沿って該薄膜を該基板の残りの部分から分離させることができる該マイクロキャビティを形成させるに十分な量である該工程を含んで成る。

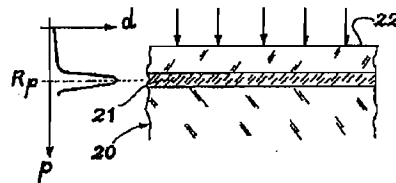


FIG. 6B

【特許請求の範囲】

1. 原基板（20）において境界を画成している少なくとも1層の固体材料の薄膜を移行させる方法にして、次の工程、即ち：

－包含物（21）の層を、該原基板中に、該薄膜の所要厚さに相当する深さの所に形成する工程であって、それら包含物はその形成に続いて注入されるガス状化合物のトラップとなるように設計されている該工程；

－上記工程に続く該ガス状化合物の注入工程にして、それらガス状化合物の注入エネルギーが、基板（20）中の該ガス状化合物の平均投影飛程が包含物層（21）の深さに相当するそのようなエネルギーであり、また該注入ガス状化合物の投与量が、破面を形成するのに適したマイクロキャビティであって、該波面に沿って薄膜（25）を基板（20）の残りの部分から分離させることができる該マイクロキャビティを形成させるに十分な量である該工程を含んで成ることを特徴とする上記の方法。

2. 前記原基板が膜構造体を支持している固体部分から構成され、その固体部分において該固体材料の薄膜が境界を画成していなければならないことを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の、少なくとも1層の薄膜を移行させる方法。

3. 前記構造体の一部または全部がエピタキシーで得られていることを特徴とする、請求の範囲第2項に記載の、薄膜を移行させる方法。

4. 前記構造体が、（エピタキシーの担体であってもよいし、担体でなくてもよい）前記基板の残りの部分が、前記薄膜を移行させた後に別の薄膜の移行に再使用することができるそのようなものであることを特徴とする、請求の範囲第2項または第3項に記載の、薄膜を移行させる方法。

5. 前記包含物層が膜堆積法で形成されていることを特徴とする、請求の範囲第2～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

6. 前記包含物層（3）が柱状物を生じさせることから成ることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の、薄膜を移行させる方法。

7. 前記包含物層（7）が粒状接合部を生じさせることから成ることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の、薄膜を移行させる方法。

8. 前記包含物が前記ガス状化合物に対して化学的親和性を有していることを特徴とする、請求の範囲第1～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

9. 前記包含物が、その包含物層を形成している材料と、該層に隣接する該基板の領域とがパラメーターに関して整合していないことにその起源があることを特徴とする、請求の範囲第1～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

10. 前記包含物層が、基板(13)の層(15)をエッチングする方法によって形成されていることを特徴とする、請求の範囲第2～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

11. 前記包含物層が、前記基板の層中への元素の注入によって形成されていることを特徴とする、請求の範囲第1～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

12. 前記元素の注入を、トラップの効率を上げることができる熱処理により補助することを特徴とする、請求の範囲第11項に記載の、薄膜を移行させる方法。

13. 包含物の形態、構造を熱処理によって改変することを特徴とする、請求の範囲第11項に記載の、薄膜を移行させる方法。

14. 前記包含物層が前記膜構造体中の膜(1層または複数層)の熱処理によって得られていることを特徴とする、請求の範囲第2～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

15. 前記包含物層が前記膜構造体中の膜(1層または複数層)に応力を加えることによって得られていることを特徴とする、請求の範囲第2～4項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

16. 前記ガス状化合物を中性化合物とイオンの中から選ばれる化合物の衝撃によって注入することを特徴とする、請求の範囲第1～15項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

17. 前記ガス状化合物を、プラズマ拡散法、熱拡散法、ならびに熱拡散法および電気的分極で補助された拡散法と併用されたプラズマ拡散法から選ばれる方法

によって注入することを特徴とする、請求の範囲第1～15項のいずれか1項に

記載の、薄膜を移行させる方法。

18. 前記包含物層中の基板を弱化することができ、それによって薄膜(25)と基板(26)の残りの部分との間で分離を可能にする熱処理工程を含んでいることを特徴とする、請求の範囲第1～17項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

19. 前記基板において境界を画成している薄膜(25)を、該薄膜が該基板の残りの部分と分離した後に接着する支持体(23)と密接させる工程も含んでいることを特徴とする、請求の範囲第1～18項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

20. 前記密接をウエハーの接着によって達成することを特徴とする、請求の範囲第19項に記載の、薄膜を移行させる方法。

21. 前記基板を弱化させる前記熱処理工程がパルス加熱によって行われることを特徴とする、請求の範囲第18～20項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

22. 前記薄膜と前記基板の残りの部分との間の分離に寄与せしめるべく機械的応力の使用を含むことを特徴とする、請求の範囲第1～21項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

23. 請求の範囲第1～22項のいずれか1項に記載の方法の、原基板からのシリコン薄膜の移行に対する適用。

24. 請求の範囲第1～22項のいずれか1項に記載の方法の、原基板から出発する、周期律表第III-V族半導体材料より成る薄膜の移行に対する適用。

25. 請求の範囲第1～22項のいずれか1項に記載の方法の、複数の薄膜から作られている構造体から構成される薄膜自体の移行に対する適用。

26. 前記薄膜が少なくとも部分的に処理された後に該薄膜を移行させて、集積回路を形成したことを特徴とする、請求の範囲第1～22項のいずれか1項に記載の方法の適用。

27. 前記薄膜が少なくとも部分的に処理された後に該薄膜を移行させて、そ

(5) 001-507525 (P2001-507525A)

の上にオプトエレクトロニク成分を形成したことを特徴とする、請求の範囲第1  
～22項のいずれか1項に記載の方法の適用。

【発明の詳細な説明】

包含物作成工程を含んで成る薄膜の移行法

技術分野

本発明は固体材料の薄膜を移行させる (transfer) 方法に関する。この方法は、特に、固体材料の薄膜を同じ性質または異なる性質を持つ固体材料から構成される支持体上に移行させるのに使用することができる。

従来技術の状態

フランス特許-A-2 681 472号(米国特許-A-5 374 564号に相当)明細書には、半導体材料の薄膜を製造する方法が記載されている。このフランス特許明細書には、半導体材料からできている基板への希ガスまたは水素の注入により、注入イオンの平均投影飛程(Rp)に近い深さの所にマイクロキャビティ (micro-cavities) またはマイクロバブル (micro-bubbles) [「プレートレット (platelets)」とも称される] の層を形成させ得ることが開示されている。マイクロキャビティの概念には明らかにマイクロクラック (micro-cracks) が含まれている。マイクロキャビティの層の厚さは注入条件で定まる。この基板をその注入面を通して補剛体 (stiffener) と接触させ、そして十分に高い温度で熱処理を施すならば、半導体基板を、第一は補剛体に接着している半導体薄膜、第二は半導体基板に接着している残りの部分という2つの部分に分離しているマイクロキャビティ間またはマイクロバブル間に相互作用が生ずる。分離はマイクロキャビティまたはマイクロバブルの場所で起こる。上記熱処理は、注入によって作り出されたマイクロバブル間またはマイクロキャビティ間の相互作用が、上記の薄膜と基板の残りの部分との間に分離を誘起させるそのようなものである。従って、薄膜が原基板 (initial substrate) からこの薄膜の支持体として使用される補剛体に移行 (transfer) されることになる。

この方法は、半導体材料以外の結晶性または非結晶性材料 (導電性または誘電性材料) の薄膜を製造することにも応用可能である。

基板において境界を画成している薄膜が (その厚さに因り、またはその機械的性質に因り) それ自体十分に剛性であるならば、その移行アニーリング後に自立

した膜を得ることができる。このことはフランス特許-A-2 738 671号明細書に記載されている。

欧州特許-A-0 767 486号明細書では、前記フランス特許-A-2 681 472号明細書に開示されている方法に対する改良が提案されている。この欧州特許-A-0 767 486号明細書によれば（第8欄を参照されたい）、フランス特許-A-2 681 472号明細書が開示する方法には次の欠点がある。即ち、移行されるべき膜の厚さをどう選択するか自由度が少ない。移行されるべき膜の厚さ（ $R_p$ に相当）とその膜を原基板から分離する条件とが相互に関係している。分離後に得られる薄表面の平面度が不十分で、しかも移行中に薄膜を均一な厚さに維持する方法がない。欧州特許-A-0 767 486号明細書が提案する改良は、イオン注入をシリコン基板の表面に形成された多孔質シリコン層の深さ $R_p$ の所で行うことから成る。このイオン注入は、マイクロキャビティがその多孔質層の孔壁に出現する程度まで、多孔度（孔密度）を増加させる。この層は、このとき、微細な多孔質構造体であると考えられる。ある種の注入条件下では、分離は、この微細な多孔質層中にフランス特許-A-2 681 472号明細書に記載される機構によって引き起こされる。従って、第一に、多孔質シリコン発生工程で作られ孔のゾーンに因る効果と、第二に、フランス特許-A-2 681 472号明細書による方法におけるように、小さい完全なシリコンゾーン中の孔間に生ずるキャビティのゾーンに因る効果という2つのゾーン効果が存在するのである。従って、提案された改良は、多孔質層を使用して分離後に良く制御された均一な厚さを有する層を得ることから成る。

欧州特許-A-0 767 486号明細書が開示する方法は、多孔質シリコン（その多孔度のオーダーは数十パーセントに等しい割合である）を形成することを推奨しているが、このことは、シリコンまたは材料を、その材料の弱化を引き起こす分離ゾーンから除去することと同じことである。

フランス特許-A-2 681 472号明細書によって開示されている方法よりもさらに意義のある改良は、イオン注入により得られるマイクロキャビティ層の厚さを小さくすることであると思われる。このことが本発明において提案さ



れているものである。

#### 発明の説明

本発明が提案する改良は、イオン注入工程中に導入されるガス状化合物を拘束するために、原基板材料中に1つの包含物 (inclusion) または一組の包含物を作り出すことに因り可能となる。包含物とは、性質が1層または2層以上の薄膜を移行させようとする基板材料の性質と同じではない多量の材料のことである。包含物は、注入が行われる表面に対してほぼ平行に延在する層の形を取っていることができる。これらの多量の包含物は多種多様な形状を有していることができ、またそれらの寸法は20～30 (a few tens of) ナノメートルから数100 (several hundreds of) マイクロメートルまで変わることができる。

これら包含物の役割は、注入されたガス状化合物に対するトラップとして作用することである。これらトラップの作用範囲は、作られる包含物の性質に依存する。この場合、欧州特許-A-0 767 486号明細書が開示する方法の場合のように、除去材料は存在しない。

本発明による方法は、原基板材料中に包含物を形成することから成る予備工程を含む。その次の工程は、この材料中にガス状化合物 (希ガス、その他のガス状化合物) を注入することから成る。前段の工程中に形成された包含物の存在が、注入ガス状化合物の拘束を引き起こす。これら包含物の効率、ガス状化合物を拘束するそれら包含物の力に関連付けられる。

包含物は、これを完全に制御可能なある深さ付近に形成することができる。これら包含物の存在は、注入化合物の拘束を公知技術による方法を用いて得ることができるよりもはるかに薄い擾乱層内に導入する。これは幾つかの利点を生む。注入ガス状化合物は、これらの包含物の近隣部と称されるこれら包含物の影響を受けるゾーンのレベルの所に、および／またはそのゾーン内に閉じ込められるのが好ましい。その精密な位置は、分離 (移行) 破砕 (fracture) が包含物の所および／またはその近くに誘起され得る位置を意味する。その結果、破砕部の表面粗さが比較的小さくなる。さらに、この方法は、その拘束力に因り、破砕に必要な注入投与量に関して、少量でのその使用を可能にする。最後に、包含物の存在に因るその拘束効果で、その破砕に必要な熱供給量 (thermal budget) を破砕に

至らしめるキャビティの核形成と成長が促進される程度まで、下げることができるようになる。この利点は、最大温度上昇にある限界が存在する膜構造体を移行させる場合には明白なことである。例えば、1つのケースは、膨張率が10%を越える量だけ異なる材料の不均質系接着である。

従って、本発明の目的は、原基板において境界を画成している固体材料の少なくとも1つの薄膜を移行させる方法にして、次の工程、即ち：

－包含物の層を、上記原基板中に、上記薄膜の所要厚さに相当する深さの所に形成する工程であって、それら包含物がその形成に続いて注入されるガス状化合物のトラップとなるように設計されている上記工程；

－上記の工程に続く上記ガス状化合物の注入工程にして、それらガス状化合物の注入エネルギーが、上記基板中のそれらガス状化合物の平均投影飛程が上記包含物層の深さに相当するそのようなエネルギーであり、また上記注入ガス状化合物の投与量が、破面（fracture plane）を形成するのに適したマイクロキャビティであって、その波面に沿って上記薄膜を上記基板の残りの部分から分離させることができる上記マイクロキャビティを形成させるに十分な量である上記工程を含んで成ることを特徴とする上記の方法である。

注入工程は、1種または数種のガス状化合物を同時にまたは順次に注入する方法で行うことができる。

原基板は、1層または2層以上の薄膜より構成される構造体を支持している固体部分にして、上記固体材料薄膜がパターンとしてその境界を画成していなければならないその固体部分から構成されていることができる。この構造体は、その一部または全部をエピタキシーによって得ることができる。この構造体は、エピタキシーの担体であってもよいし、そうでなくてもよいその基板の残りの部分が、その薄膜が別の薄膜を移行させるように移行された後に再使用することができるそのようなものである。

包含物の層は膜堆積技術で形成することができる。次いで、この方法は柱状物を生じさせるか、または粒状物を生じさせることから成ることができる。

包含物は前記ガス状化合物に対して化学的親和性を有していてもよい。

包含物はその包含物層を形成している材料とそれに隣接する基板領域とがバラ

メーターに関して整合していないことにその起源があるだろう。このパラメーターの不整合は、結晶パラメーターの大きさの変化、移行された構造体の表面に平行な平面に沿う結晶配向の変化、膜の1つと原材料（および／または他の膜）との間の熱膨張率の相違より成るだろう。

包含物層は、基板層をエッチングする技術によって形成することもできる。

それは、また、基板層中への元素の注入によっても形成することができる。これらの元素は1つの工程または数工程で注入することができる。これら元素の注入はトラップの効率を高め得る熱処理によって補助することができ、この熱処理は、多分、注入前、注入中および／または注入後に行われる。この熱処理は包含物の形態、構造および／または組成を変えることができ、このことが引き続くガス状化合物の拘束を促進する。この熱処理は包含物層の全面に破砕部を作るのには使用できない温度でそのような期間行われる。

包含物層は、膜（1層または複数層）の熱処理によっておよび／または膜構造体中の膜（1層または複数層）に応力を加えることによって得ることもできる。

包含物層は上記の異なる技術の組み合わせによって得ることもできる。

ガス状化合物は、中性化合物およびイオンの中から選ばれる化合物の衝撃により注入することができる。その注入は、プラズマ拡散法、熱拡散法、および熱拡散法と組み合わされた、または電気的分極によって補助されたプラズマ拡散法から選ばれる方法によって行うこともできる。注入は基板の注入表面に対して垂直に、またはある一定入射角で起こるだろう。それは希ガスまたは他の元素を用いて行うことができる。

本発明の方法は、基板を包含物層において弱化させることができ、それによって薄膜と基板の残りの部分との間で分離を可能にする熱処理工程を含んでいることができる。この熱処理は所定の熱供給量により適用されるが、その熱供給量はこの方法の過程で用いられる色々な熱供給量に依存する。この熱処理では、特に、包含物の形成工程および／またはガス状化合物の注入工程に由来する温度上昇のような、熱力学的平衡が達成されない熱処理、並びに、例えば注入、或いは支持体上で接着するときに接着力を強化するというような目的から基板を加熱または冷却することを含む熱処理で誘発される温度上昇が考慮される。従って、この

## 熱

処理は、上記の弱化が本発明方法の他の工程で達成可能であるならば、無くてもよい。それは正の温度または負の温度を加えることによって達成できる。本発明によるこの弱化は、それが薄膜を機械的応力を使用し、または使用せずに基板の残りの部分から分離可能にするそのようなものである。この熱処理は、例えば温度を急速に上昇させるために、パルス加熱で達成することができる。例えば、このパルス加熱はRTA (Rapid Thermal Annealing: 急速熱アニーリング) タイプまたはRTP (Rapid Thermal Process: 急速熱加工) タイプのものであることができる。

本発明の方法は、基板において境界を画成している薄膜を、それが基板の残りの部分から分離された後に接着する支持体と密接させる工程を含んでいることができる。薄膜は(例えば、ウエハーの接着により)直接密接させてもよいし、或いは材料上添加物(an added on material)を介して密接させてもよい。熱処理工程を用いて、基板において境界を画成している薄膜とその支持体上添加物との間の接着を強化することができる。

薄膜と基板の残りの部分との間の分離に寄与せしめるために、その熱処理中および/または熱処理後に機械的応力をかけてもよい。

本発明による方法は、シリコン薄膜を原基板から移行させるのに特に適している。この方法は、また、周期律表第III-V族の半導体材料(例えば、AsGa)からできている薄膜の原基板からの移行に適用することもできる。その薄膜はそれ自体薄膜構造体から構成されていてもよい。この薄膜は、集積回路またはその上のオプトエレクトロニクス成分を形成するようにその移行前に少なくとも部分的に処理されていてもよい。

## 図面の簡単な説明

本発明は、添付図面に付随してなされる、非限定例として与えられる次の説明を読めばさらによく理解されるであろう。添付図面において、

—図1は、包含物の層を含んで成る膜構造体を柱状成長に因り成長させるのにスパッタリング法が用いられている、原支持体上に形成された基板の断面図であ

り；

－図2は、包含物の層を含んで成る膜構造体を粒状成長に因り成長させるのにスパッタリング法が用いられている、原支持体上に形成された基板の断面図であり；

－図3および4は、結晶性組成物のグリッドパラメーターの、その組成物に導入された元素の含有量の関数としての変化を示している図であり；

－図5は、包含物がエッチングで生成されている基板の断面図であり；

－図6A～6Dは、薄膜が補剛体に移行される場合の、本発明による方法を説明している図であり；

－図7は、本発明による方法を用いてSOI構造体を得るのに使用することができる基板の断面図である。

発明の態様の詳細な説明

基板－これより薄膜が移行される－は（単一材料から形成された）固体基板であつてもよいし、あるいは複合基板であつてもよい。言い換えると、それは同一または異なる化学的および／または物理的性質を持つフィルムから形成される。

包含物は基板の原材料中に、特に次の作用で生成させることができる：

－原材料における構造変化（結晶構造、結晶配向、非晶質の局所場、物質の抜け落ち等々）；

－物理的性質の変化（緻密化、製造中のガスの含有、各種イオンの注入、数層に対するイオンエッチングおよび／または選択的な化学的および／または電気化学的エッチング等々）；

－化学的性質または化学結合の変化（ドーピング効果、組成変化の効果、前もって接着された構造体の界面の利用等々）；

－局在物質の多少の変形（界面効果、膨張率の異なる層に対する熱処理の効果、連続する層間に生じる応力の効果等々）。

材料表面に比較的平行なゾーンに包含物を作るのに、膜の形をした材料を製造または処理するための多数の技術を用いることができる。

例えば、適用の点から見ると、この種の方法の利点は、その方法で1層または

数層の積層膜や、マイクロ電子部材、センサー等々を作るために部分的にまたは完全に処理された構造体のための基板変化が可能になることである。例えば、この必要は、移行される膜または構造体を、最終の支持体が耐え得なくなる熱処理

(過度の温度、熱膨張の過度の相違等々)に付そうとする場合に、非常に重要である。

各種の膜堆積技術が、膜組成、それらの応力、構造および形態、構造を容易に変え得る1層または数層の膜の積層体を作るのに用いることができる。膜の堆積とは、膜を付加しおよび/または作成することを意味する。これらの色々な可能性を、ガス状化合物を注入する工程前に原材料に包含物を生成させるのに利用することができる。界面、膜(1層または複数層)およびそれらに関係がある近傍系(一つまたは複数)が、続いて、本発明方法の第二工程中に注入されるガス状化合物のトラップとして作用する包含物のゾーンになると考えられる。

堆積技術は多数存在するが、それらは製造しようとする材料の性質の関数として選ばれる。材料は非晶質でも、多結晶性でも、或いは単結晶性でもよい。ある種の用途には、堆積物は(均質または不均質な)エピタキシーで形成されなければならない。一番頻繁に使われた堆積技術に、イオンスパッタリングによる蒸着法、プラズマで補助され、または補助されない高圧または低圧における気相反応による蒸着法、分子ジェットによる堆積法、液相中でのエピタキシーによる堆積法、レーザー削摩で補助された堆積法がある。

イオンスパッタリング技術は異なる配向と大きさでの柱状成長を可能にする。これらの大きさと配向は蒸着の圧力、温度およびエネルギーの各条件に応じて制御することができる。柱状成長では、柱状物の一部の成長が停止され、このことが、他の柱状物がそれより大きくなるのに有利に働く。例えば、Co(Zr、Nb)膜の製造では、その蒸着中に30ミリトル(mTorr)のオーダーのアルゴン圧が柱状成長を助長する。この効果は原支持体平面に関してその蒸着物に特定の磁性を賦課するのに利用することができる。成長が止められた柱状物の端部ゾーンおよび/またはその近くのゾーンは排除(exclusion)ゾーンである。

図1は、このようにして得られた一つの基板を説明するものである。その基板

は、複合構造であってよいし、そうでなくてもよい原支持体1から形成され、その支持体上に薄膜構造体2がスパッタリングで成長せしめられている。構造体2の内部で柱状成長が誘発されて、注入されるガス状化合物のトラップゾーンとして利用される包含物層3を形成している。トラップゾーン内またはその周囲の破

面 (fracture surface) の場所は、作り出されるトラップの効率に依存する。

この蒸着技術は、極めて容易に制御できる寸法を持つ中サイズの粒状物 (単結晶性、多結晶性または非晶質の集塊物) に成長させることもできる。例えば、 $T_m$  を蒸着される材料の融解温度とすると、蒸着温度  $T/T_m$  の比が 0.5 を越えるそのような蒸着温度  $T$  が結晶性粒状物の成長を促進する。この主題については、*Thin Solid Films Journal*, 47, 219 (1977) で公表された A. G. ダークス (A. G. DIRKS) および H. J. リーマイ (H. J. LEAMY) の報文に更なる情報が与えられている。粒状物間の接合部も本発明による方法の包含物ゾーンである。

図2は、このようにして得られた一つの基板を説明するものである。この基板は複合または非複合・原支持体5から形成され、その支持体上に薄膜構造体6がスパッタリングで成長されている。構造体6の内部で粒状成長が誘発されて、注入されるガス状化合物用トラップのゾーンとして利用される包含物層7を形成している。包含物ゾーンにおける破面の位置は、作成されるトラップの効率に依存する。

一般に、完全に制御可能な厚さを持つ膜を得るのに膜堆積技術を用いることができる。その場合、単一または複数の膜から構成される薄い構造体を作ることが可能である。膜堆積物が (原支持体と、および/または膜間に) いかなる結晶関係もない状態で、または (均質または不均質な) エピタキシーで造られる。さらに、膜堆積物なる用語は、結晶性構造を形成するために緩衝層および/または種結晶層を含む多層膜の堆積物を包含していなければならない。ここで、同じ性質を持つ支持体上での膜の均質系エピタキシーの場合、その界面 (それが存在するとして) は包含物の位置にあることができる。続いて注入されるガス状化合物はこの界面の所および/またはその付近に所在する。

1層または2層以上の膜から形成されているこれらの構造体は、

—膜の物理的および／または化学的性質（膜間の化学的相互作用、多層構造の場合の結晶配向の変化、後に注入されるガス状化合物についての親和性等々）；  
 —これらの色々な膜と生成した界面に存在する応力（結晶網目の不整合、熱膨張率の相違、界面の微小粗さ、堆積される材料の元素以外の元素の包含物、不均質相の含有等々に因る）

を与えると、包含物ゾーンの一部または全部を占める。

例えば、少なくとも1層の結晶性膜が堆積され、緩衝層および／または種結晶層と称される1層または数層の膜で結晶性原支持体から分離されている多層構造体を造ることができる。結晶性膜中の結晶配向は原支持体の結晶配向と同じであってもよいし、異なってもよい。緩衝層の役割は、特に原支持体に対する平面におけるプレートレットの表面の一部または全面で結晶配向の変動を誘発することである。この場合、応力および／または転位ゾーンが生じ、これらが結晶網目を適応させるために利用されることになる。このゾーンは前記の膜に近い位置に所在する。超伝導性のYBaCuO膜の堆積では、かくして、その膜はSrTiO<sub>3</sub>および／またはCeO<sub>2</sub>緩衝層上にエピタキシーの機作で造られる。これらの緩衝層は、サファイヤ基板上にして、そのR平面（1102）内でエピタキシー状態にある。網目の整合は界面に近い所または上記膜の体積内に高応力が生ずると同時に、上記平面内のタイプ<001>の結晶軸について45°の回転を賦課する。この45°の回転はあるゾーンでは省かれることがあり、それはそれらゾーン内でのMgO極薄膜の干渉によってもたらされる。この主題については、Physica Journal、C269（1996）、255-267で公表された、S. ニコレティー（S. NICOLETTI）等による報文「SrTiO<sub>3</sub>基板およびサファイヤ基板上のバイーエピタキシャルYBCO粒界ジョセフソン接合（Bi-Epitaxial YBCO Grain Boundary Josephson Junctions）」に更なる情報が記載されている。

結晶網目間の不整合によって引き起こされる応力に関係しているもう1つの例は、シリコン支持体に対するSi<sub>(1-x)</sub>Ge<sub>x</sub>膜の気相化学蒸着（CVD）であろう。その応力はゲルマニウムの膜組成物中濃度xの関数として制御される。図3は、グリッドパラメーターPRがゲルマニウムの組成物中濃度xの関数としてど



のように変化するかを示すものである。直線 10 の傾きは、Ge の原子百分率に依存して  $+0.022 \text{ nm}$  に等しい。もう 1 つの例は、僅かにドーピングされたシリコン板上に蒸着された（例えば、硼素により原子数  $10^{14} \sim 10^{20} \text{ 個/cm}^3$  でドーピングされている）シリコン膜中のドーピング度に関する応力効果である。図 4 は、ネットワークパラメーター PR が硼素原子の原子百分率としての濃度  $x$  の関数としてどのように変化するかを示すものである。直線 11 の傾きは

$-0.14 \text{ nm}$  に等しい。本発明者は、化学的性質により包含物の概念も含めることができた。かくして、シリコン支持体上に蒸着され、次いで被包性膜でカバーされた Ti 膜は、存在する可能性があり、しかも後に行われる熱処理時にシリコンを通して拡散するいかなる酸素に対しても強い感受性（「ゲッター効果」）を維持する。この誘発効果は包含物ゾーンと称される応力の加わったゾーンを発生させる。

膜蒸着中の応力発生の一例は、蒸着圧力、蒸着温度、蒸着力、キャリアーガス、中性ガスおよび反応性ガスの分圧の比による蒸着雰囲気組成のような蒸着パラメーターの使用である。応力は、膜蒸着圧力に依存して、蒸着された膜の中に高圧縮または高張力の状態を作り出す可能性があることは知られている。英国 (United Kingdom)、サルフォード (Salford) で 1987 年 9 月 14-16 日に開催された E. M. M. A. 会議における「R. F. スパッタリングにより蒸着された非晶質 Co (Cr, Nb) 膜のアニーリング後の応力と保磁度の変化 (Changes in Stress and Coercivity after Annealing of Amorphous Co(Zr, Nb) Thin Film Deposited by R.F. Sputtering)」と題される A. マターン (A. MATERNE) 等の報文にこの主題について更なる情報が含まれている。しかして、Co (Zr, Nb) 膜の陰極スパッタリングによる蒸着の場合、2-3 (a few) ミリトルのオーダーの低圧でその膜に圧縮状態が導かれるが、これに対して数十 (several tens of) ミリトルのオーダーの高圧では同じ材料が張力状態にもたらされる。この変化は、蒸着時にその膜に含まれるアルゴンと酸素の密度によって引き起こされることが化学的分析で確認された。その応力の大きさは、それら応力が、限られたケースで、膜の接着欠陥を引き起こし得るそのような大きさである。

「膜の堆積」なる用語には、これらの効果を堆積された膜に誘発するために、堆積の前または後に行われる熱および／または物理化学的処理が全て含まれる。

包含物はエッチングでも生成させることができる。乾式法（イオンエッチング、反応性イオンエッチング）および／または「湿式」化学的方法（選択性エッチング、異方性エッチング）および／または電気化学的方法によるエッチングが、非常に小さい表面積の全面に開いた選択された大きさのキャビティを造るのに用い

ることができる。これらのキャビティは、後に、移行に必要なガス状化合物用のトラップ材料で満たされてもよいし、満たされなくてもよい。

包含物を生成させるのに多層構造体をエッチングする技術を用いることができるが、この技術は、プレートレットの表面の一部または全部を覆う部分マスキング技術（マイクロエレクトロニクスで常用される技術）により多かれ少なかれ補助される。従って、窒化珪素の非常に薄い表面膜中に非常に小さい（サブミクロン）開口のグリッドをエッチングすることが可能である。ポジまたはネガの樹脂膜上にはマスクを通して分離技術が用いられる。あるゾーンでは、その樹脂膜は次いでその使用樹脂に合った現像剤で化学的に取り除くことができる。これらの開口ゾーンにおいては、窒化珪素膜中に開口を作るのに、イオンエッチングと称される、加速イオンビームを用いるエッチング技術が使用できる。この表面膜がシリコン膜の表面に堆積されると、シリコンを、作られた開口と整列した状態で、水酸化テトラメチルアンモニウムを用いてエッチングすることが可能になる。この化学的エッチングは、そのシリコンのエッチング速度がその窒化物のエッチング速度より100倍以上も大きいそのような程度まで非常に選択性である。次いで、窒化物膜にできる開口よりも大きいキャビティを作ることが可能である。

図5は、このタイプの態様を示すものである。図5は、シリコン膜15でカバーされている原支持体14から構成される基板13を図示している。膜15は窒化珪素の極薄膜16で被覆され、その極薄膜中に小さい開口17が形成されている。開口17はシリコン膜15にキャビティ18を得るのに利用された。窒化珪素膜16に作られた開口17の寸法とこの膜16の厚さに依存するが、キャビティ

ィ 18 中に材料 19 を堆積させることが可能である。ここで、この材料の化学的性質は、後の注入工程中に注入されるガス状化合物（例えば、酸素）を閉じ込めるのに有利な性質である（例えば、そのゲッター効果にはチタン）。

続いて、層の堆積によって作られた開口が塞ぐことができる。この堆積は、例えば結晶化シリコン膜中に作られたパッドの構造体を移行する場合は、必ずしも必要なものではない。同様に、ある種の条件下では、一部キャビティの閉鎖を促進するために、或いは全てのキャビティを閉鎖しさえするために、熱処理が制御された雰囲気下で用いられる。本発明による方法では、これらのエッチングゾー

ンは包含物、および後に注入されるガス状化合物用のトラップであると考えられる。

包含物はイオン注入によっても生成させることができる。

中性化合物またはイオンの衝撃によるある材料中への注入は、注入元素のある特定の深さの所に包含物に富む層を生成させることができる。注入された化合物については、そのとき標的材料の電子的なおよび核の遅延効果が考えられる。本発明による方法では、原材料が標的材料であると考えられる。その注入プロセスは 1 回または数回の注入で行うことができる。これらの注入は、各注入中または各注入間において熱処理で補助することが可能であろう。注入された化合物およびそれに関連した欠陥は、平均投影飛程  $R_p$  に近いところに見いだされるだろう。生成した包含物は、その材料の局所秩序中に小さい度合いの無秩序として現れる。それらの形態、構造と大きさは、熱処理および／または同じ若しくは異なる元素の単一および／または多重注入によって変えることができる。

例えば、絶縁体上シリコン（Silicon on Insulator: SOI）材料の SIMOX（Separation by Implantation of Oxygen: 酸素の注入による分離）法を用いての製造を考えられたい。即ち、生成包含物のトポロジーと形態、構造を改変するために、酸素の注入を  $120\text{ keV}$  で行い、続いて高温（例えば、約  $1300^\circ\text{C}$ ）で熱処理を行う。シリコン板内への酸素の低投与量（ $\text{O}^+$ ・約  $4 \cdot 10^{17}$  個/ $\text{cm}^2$ ）での注入は、典型的には深さ  $250\text{ nm}$ （典型的な厚さは  $80 \sim 100\text{ nm}$ ）の所に薄い酸化物層を生成させることができる。この層には欠陥がある；

即ち、それは大体連続であり（シリコンのパイプが存在する）、またそれは注入投与量に依存してシリコンの島（典型的な寸法は20～30（a few tens of）ナノメートル）を含んでいる。これに関しては、Proc. 6th International Conference on SOI Technology and Devices, Electroch. Soc.、Vol. 94-11（1994）、62の「低投与量SIMOX法により形成された超極薄埋没酸化物層（Ultra Thin Buried Oxide Layers Formed by Low Dose SIMOX Processes）」と題されるB. アスパー（B. ASPAR）等による報文を参照されたい。同様に、この酸化物層とそれより上の膜との界面は、施された熱処理に依存して、幾分粗い。一般的には、この界面粗度は、Materials Science and Engineering Journal、B46

（1997）、29-32で公にされた、「低投与量SIMOX材料におけるSOI層の形態、構造の原子力顕微鏡検査法による特性化（Characterization by Atomic Force Microscopy of the SOI Layer Topography in Low-Dose SIMOX Materials）」と題される、C. ギルハルメンク（C. GUILHALMENC）等による報文に記載されるように、20～30（a few tens of）ナノメートル～2～3（a few）ナノメートルの範囲内で制御することができる。この注入層とその界面は、本発明による方法の第二工程中に注入されるガス状化合物のための拘束ゾーンとしての包含物ゾーンであると考えられる。

支持体である原材料中に、または移行されるべき膜構造体層の内の少なくとも1層中に包含物を生成させるのに、熱処理を用いることもできる。

例えば、シリコンでは、原材料中に存在する酸素を特定の深さの所に析出させる（precipitate）のに、「高－低－高」熱処理が用いられる。この深さは、チョクラルスキー結晶引上げ法（Czochralski pulling）で得られる単結晶シリコンの場合、典型的には、2～3（a few）マイクロメートルである。これは、典型的には、1000℃を越える一定の高温と、それに続く900℃未満の一定の低温、次いで1000℃を越えるもう1つの一定の高温より成る温度サイクルを適用することにより行われる。その深さxの大きさのオーダーは、拡散式： $x \propto (Dt)^{1/2}$ （式中、Dは熱処理温度における拡散係数であり、そしてtはこの温度における拡散時間である）から出発して、評価される。熱処理で生成せしめ

られたこの層は包含物ゾーンであると考えられる。

もう1つの例として、前記諸法のいずれか1つで堆積された膜中の応力レベルを適合させることを可能にする熱処理が知られている。かくして、CVD法で蒸着された酸化珪素膜に対する500℃を越える温度での熱処理で、圧縮応力を低下させることが可能になるか、その圧縮応力を完全に消去することが可能になるか、或いはその圧縮応力を張力に変えてしまうことさえ可能になる[A. スリントニ(A. SLINTANI)等のJ. Appl. Phys., 51(8)、p4197(1980)を参照されたい]。このタイプの挙動は、その酸化物が水蒸気になる反応によって引き起こされると考えられる。それは、脱気効果または緻密化効果であると解釈することもできる。同様に、膜の1つと原支持体(または他の膜)との間の大きな熱膨張

でも、大きな応力状態がもたらされて、ガス状化合物の閉じ込めを助長する応力包含物を局所的に生成させることが可能になる。例えば、サファイヤのR平面上に作られたシリコン膜(100)のケースがある。膨張率は、それぞれ、 $4 \cdot 10^{-6}/K$ および $9 \cdot 10^{-6}/K$ のオーダーである。その応力はその界面回りの膜の厚さ内に極めて局在しているので、これはその材料を局所的に変形させる。こうして擾乱されたゾーンは本発明による方法の包含物ゾーンであると考えられる。

平面の膜構造体上で応力を誘発するもう1つの方法は、原支持体の背面に非常に高度に応力が掛かっている膜を堆積させるもので、それにより形態、構造的変形(凹部または凸部)が付与される。この膜構造体が次に変形せしめられる。本発明による方法で移行されるべき単一の膜または複数の膜を含むこの構造体中の、応力が局所的に加わったゾーンが、後に注入されるガス状化合物のための封入ゾーンである。

本発明による方法は、当該材料中に包含物を生成させた後に行われる第二工程を含む。この第二工程は先行工程で生成せしめられた包含物の層に近い深さの所にガス状化合物(原子またはイオン)を注入することから成る。これらのガス状化合物は包含物の存在により拘束される。それらが析出すると、移行破砕に必要なマイクロキャビティ、マイクロバブル(即ち、「プレートレット」)を核化お

よび／または成長させるに至る。この注入は、衝撃および／またはプラズマ補助拡散および／または熱処理および／または電気的分極により移行される構造体の平面状態の表面を貫通して達成される。

衝撃（中性化合物および／またはイオン）による注入の場合、これらのガス状化合物は平均投影飛程  $R_p$  の所に注入される。この深さは、所定の標的に注入される元素の注入エネルギーに特有のものである。従って、注入エネルギーは、深さ  $R_p$  が包含物ゾーンのレベルに相当するように選ばれる。ガス状化合物は H、F、He のような希ガスであってもよいし、希ガスでなくてもよい。それらガス状化合物は同時にまたは順次に注入させることができる。

図 6 A ～ 6 D は、薄膜が補剛体上に移行される場合の本発明の方法を例示、説明するものである。図 6 A は、前記方法の 1 つで形成された包含物ゾーン 21 を

含む、（例えば、原支持体上の薄膜（1 層または複数層）の構造体から形成されている）基板 20 を示す。包含物ゾーンは基板の表面 22 から、移行されるべき薄膜の厚さに相当する距離の所に位置する。図 6 B はイオン注入工程を説明するものである。ガス状化合物は、例えば衝撃または拡散により、基板の表面 22 を貫通して注入される。ガス状化合物の深さ  $p$  の関数としての密度  $d$  は、それらの平均投影飛程  $R_p$  がガス状化合物を高密度で有するトラップゾーンとなる包含物ゾーンに相当するそのような密度である。図 6 C は、基板 20 の表面 22 を中間層 24 の追加により補剛体 23 の上に接着させる工程を説明するものである。表面 22 と補剛体 23 とを中間層の追加なしに接着させるのに、他の方法も用いることができる。図 6 D は、前記の所要熱供給量の関数としての適切な熱処理に続く分離工程を説明するものである。この図において、その分離破砕部はトラップゾーンに入り込んでいる。従って、原支持体は補剛体 23 に接着している薄膜 25 と残りの部分 26 から成る。そのトラップゾーンは本図には 2 つの切り離されている領域より成るものとして示されている。しかし、トラップゾーンは、場合に応じて、薄膜 25 に接着するか、または基板の残りの部分 26 に接着するかのいずれかによって、完全な状態のままにしておくことができる。

ガスの拡散による注入の場合、そのガス状化合物は、拡散の時間と温度を調整

することにより包含物の深さに近い深さまで拡散することができる。

( $Dt$ )<sup>1/2</sup>で与えられる古典的な拡散法則がその拡散の深さを調整するのに適用可能である。かくして、(形成ガスと称される)アルゴンと水素との9:1比の雰囲気下での熱処理が、シリコン中での約350℃における水素の拡散を可能にする。

注入法の如何にかかわらず、注入ガス状化合物の量は、前記の包含物から始まり、その包含物の近くにマイクロキャビティ、マイクロバブル(即ち、プレートレット)の核となって、および／またはそれらを発現させて析出するのに十分な量でなければならない。注入条件(投与量、エネルギー、標的溫度、注入時間)は次のものに特に依存する:

- 原材料(標的)、
- 包含物の性質と位置、
- 注入で供給される熱供給量、
- 注入ガス状化合物の性質、
- 接着(もしあれば)に続いて供給される熱供給量、
- 弱化作熱処理で供給される熱(エネルギー)供給量、
- 何らかの機械的応力。

しかし、注入投与量は、注入の間に材料中に剥離が生ずることによって決まる最大投与量よりは少なくなければならない。包含物の効率、その包含物付近のあるガス状化合物の濃度を考慮して、そのガス状化合物に対する、移行に必要なそれら包含物の拘束力によって規定される。

イオン注入の場合、この効果は、注入Rpの周囲では注入化合物の濃度がより高いことに因る、注入分布(profile)の幅の縮小によって説明される。例えば、シリコン支持体上に生成した厚さ0.4  $\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>膜より構成される、移行されるべき構造体を考察されている。即ち、包含物を生成させるように設計された100 keVのエネルギーによる、H<sup>+</sup>: 3.10<sup>16</sup>個/cm<sup>2</sup>に等しい水素の第一のイオン注入は、0.9  $\mu\text{m}$ という平均深さの所に、ある水素濃度をもたらす。熱処理は、典型的には、約350℃で2時間行われ、それは包含物(マイ

クロキャビティ)の形態、構造を変えるように設計されている。このキャビティを含む層は、フランス特許-A-2 681 472号明細書が開示する方法の場合のように、注入がより高い投与量で行われた場合より薄いことが見いだされる。この包含物ゾーンは成長しているマイクロキャビティのこの層に相当する。 $H^+ \cdot 2 \cdot 10^{16}$ 個/cm<sup>2</sup>の第二の注入が、例えば500℃で1時間の分離熱処理中にこの包含物の近くに破碎を可能にするのに十分である。

作られる包含物ゾーンおよび／または使用される膜構造体の厚さに因る、非常に薄い厚さにわたるマイクロキャビティ、マイクロバブル(即ち、プレートレット)の拘束およびその可能な位置の利点を理解することは、極めて容易である。同様に、破面の粗さも包含物、従って破碎ゾーンの拘束に因って小さくなる。

一般に、マイクロキャビティの核形成および／または発現に必要な注入されるべき投与量を減少させ、および／または用いられる力を減少させ、および／または破碎を誘発する熱処理のエネルギー供給量を減少させることが、そのとき可能になる。

支持体上に最終膜構造体を得るように設計された移行法は、原材料が第三工程中に第二支持体上に加えられることを想定している。その接触は、ウエハーの接着で直接的に、または接着層を介して行われる。それは最終支持体をして補剛体として作用するのを可能にしなければならない。両タイプの(直接および間接的な)接触において、低温熱処理法を用いる固定化工程が必要になることがある。この処理は、それが原材料におけるマイクロキャビティおよび破碎の成長機構を妨げないように適合されなければならない。本発明の方法の第四工程中に破碎を誘発するのに必要な熱供給量に考慮を払わなければならない。移行されるべき構造体が十分に堅くおよび／または厚く、従ってこの工程が必要でない場合、移行中に「自立した」構造体を得られる。

かくして、シリコン支持体に移行されるべきSiO<sub>2</sub>膜でカバーされている構造体の例では、200℃のオーダーの温度がウエハーの接着を強化するのに十分である。この酸化物膜とシリコン支持体との間の接着エネルギーは0.3J/m<sup>2</sup>を越える。



本発明の方法における膜構造体を移行させるための第四工程では熱処理が必要とされるが、その熱処理の時間と温度は、特に作り出される包含物の効率、注入ガス状化合物の投与量、原材料の注入熱条件および最終支持体プレートに対する接着熱条件の関数として規定される。この熱処理は原材料中に破碎をもたらすに十分なものでなければならない。これは、従って、最終支持体と接触している膜構造体から原材料の未使用部分を分離させる。この分離は閉じ込められた化合物の層付近で起こる。本発明による条件の下では、その膜構造体（単層または多層）は、従来技術による方法において必要な熱供給量よりも少ない破碎熱供給量で移行され得る。分離の熱供給量を規定するに当たっては、生成包含物の効率、ならびに本発明の方法の色々な工程中に、即ち包含物の生成中、注入中および補剛用支持体に対する原材料の接着中に、複数のプレートに加えられる全体の熱供給量を考慮することが必要である。

さらに、構造体の移行に必要なエネルギーの一部は熱処理で、および／または、例えば最終支持体の補剛効果に関係した、あるいは剪断、曲げ、張力または圧力

の各応力の単独または組み合わせによる適用に関係した応力により加えることができる。この効果は、フランス特許-A-2 748 851号明細書に記載されるものと同じ性質のものである。この場合、本発明方法の第二工程中に注入されるガス状化合物の最低投与量は、表面に平行なプレートレットを十分に弱化させるに足る、マイクロキャビティの十分な生成および／または成長がある、そのような投与量を越える投与量である。

図7は、SOI構造体を得る場合の本発明による方法の適用を説明するものである。原基板30は、厚さ約50nmのシリコン膜32が堆積される、エピタキシーにより生成せしめられたホウ素で強力にドーピングされている（原子数約 $10^{19}$ 個/cm<sup>3</sup>）面上のシリコンプレートレット31から出発して形成される。膜32は、それ自体、同様にエピタキシーで生成せしめられたホウ素で僅かにドーピングされている（原子数約 $5 \cdot 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>）厚さ約350nmのシリコン膜33でカバーされている。最後に、膜33は自由表面35を有する厚さ約400nm

mのSiO<sub>2</sub>膜34で被覆される。この高度にドーパされたシリコン膜32は包含物ゾーンとして作用する。

基板30は、次に、表面35を貫通して行われるガス状化合物の注入工程に付される。水素が原子数5.10<sup>16</sup>個/cm<sup>2</sup>の投与量でエネルギー80keVおよび周囲温度において注入される。

表面35は、次いで、250℃、30分間の熱処理で補強されたウエハーの接着により、シリコンプレートに接着せしめられる。

原基板30を2つの部分に分離する工程は、破碎に対する効率が熱供給量（各種熱入力の間と温度）によって調整、適合せしめられている熱処理から成る。この最終熱処理は膜32の所および／またはその付近の原基板中に破碎を誘発する。この最終熱処理は、典型的には、250℃で2時間行われる。

かくして、シリコン塊状体に接着されている酸化珪素層（原基板中の膜34）上に、僅かにドーパされたシリコン膜（原基板中の膜33）からできている構造体を得ることが可能である。その高度にドーパされたシリコン膜32が破碎部の拘束作用のために用いられた。

本発明による方法は、1層または数層の膜を、フランス特許-A-2 681 472号明細書に開示される方法で必要とされる温度と同程度に高い温度での熱処理には付してはならない構造体の移行に特に魅力がある。この方法は、また、移行されるべき構造体が異なる熱膨張率を有する材料から構成されている場合にも有用である。

最後に、本発明による方法に関する次の利点に気付くことが重要である。即ち、移行膜構造体の表面は破碎中に得られる擾乱ゾーンである。この擾乱ゾーンの厚さは、注入ガス状化合物のその投与された量を拘束する包含物の所および／またはその付近にある層の使用に起因して極く小さくてもよい。このことで、かくして、表面の粗さが小さい移行構造体を得られる。これは、その構造体が、その材料の厚さ内部におけるマイクロキャビティまたはマイクロバブルの移行中の分布に直接関係しているからである。

【図1】

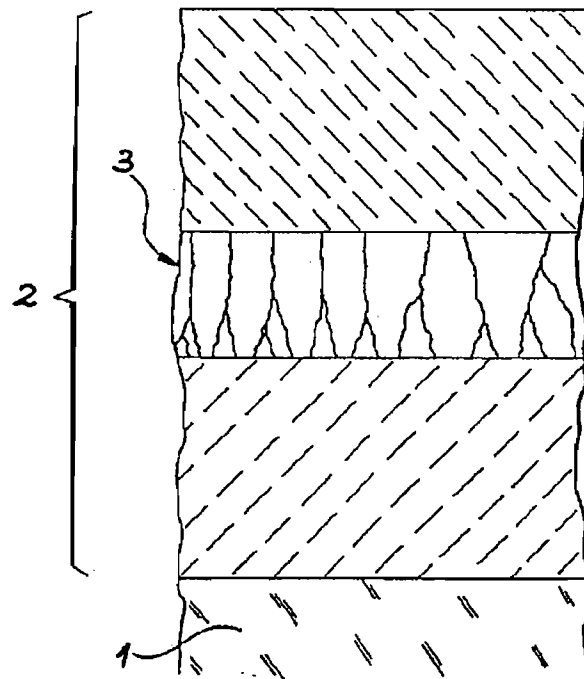


FIG. 1

【図2】

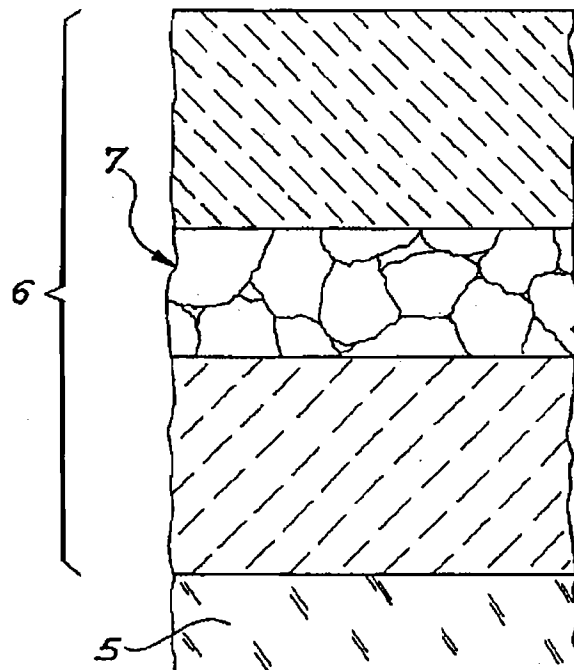


FIG. 2

【図3】

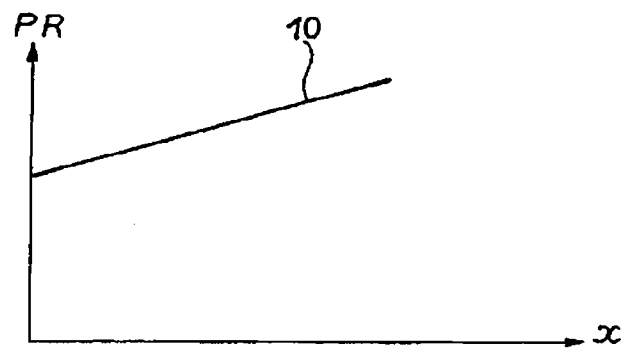


FIG. 3

【図4】

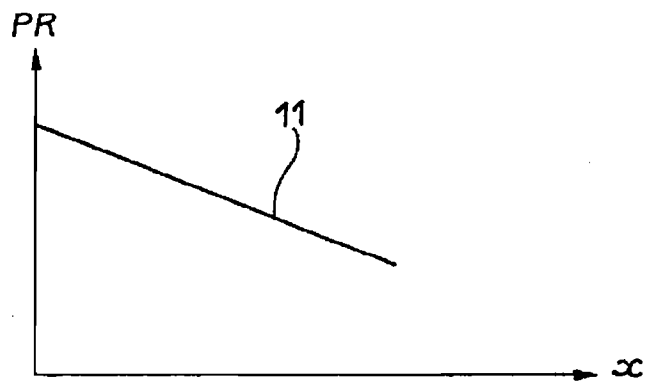


FIG. 4

【図5】

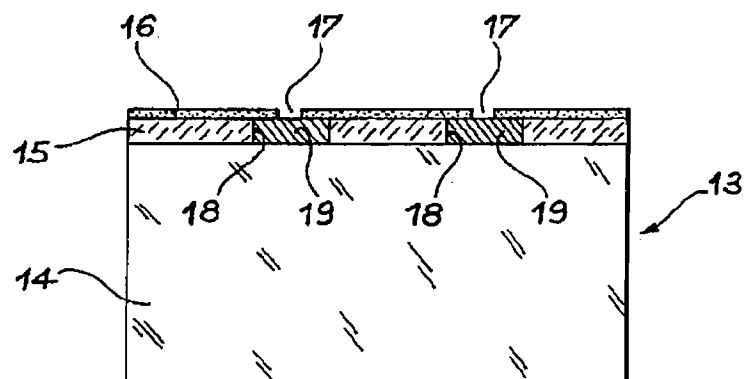


FIG. 5

【図7】

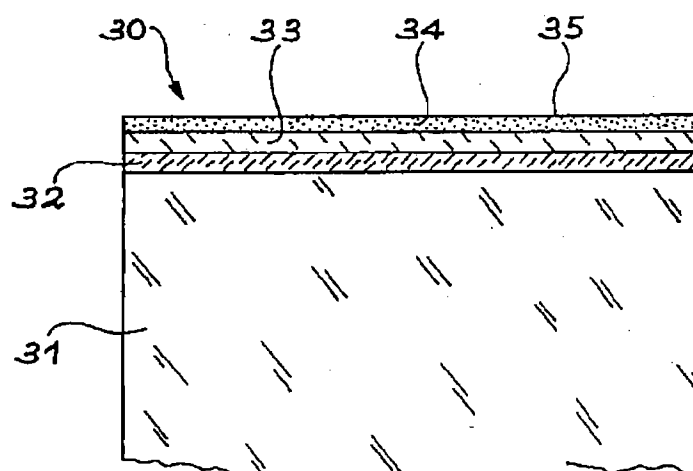


FIG. 7

【図6】

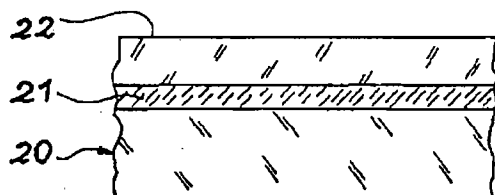


FIG. 6A

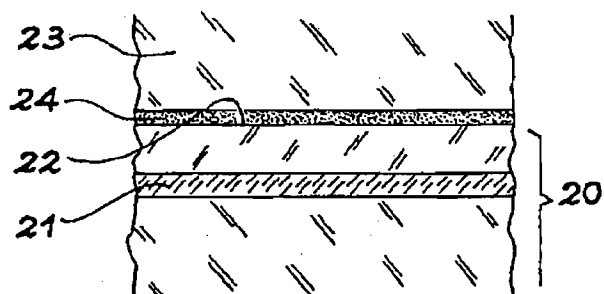


FIG. 6C

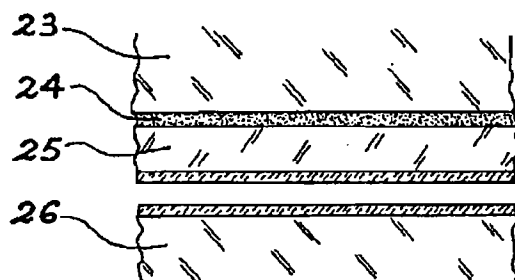


FIG. 6D

【図 6 B】

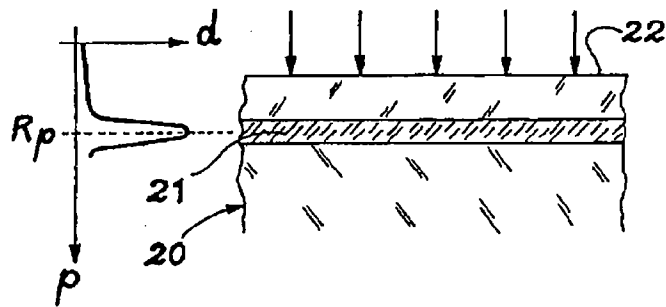


FIG. 6B

【手続補正書】特許法第184条の8第1項

【提出日】平成11年12月17日(1999.12.17)

【補正内容】

## 明細書

### 包含物作成工程を含んで成る薄膜の移行法

#### 技術分野

本発明は固体材料の薄膜を移行させる(transfer)方法に関する。この方法は、特に、固体材料の薄膜を同じ性質または異なる性質を持つ固体材料から構成される支持体上に移行させるのに使用することができる。

#### 従来技術の状態

フランス特許-A-2 681 472号(米国特許-A-5 374 564号に相当)明細書には、半導体材料の薄膜を製造する方法が記載されている。このフランス特許明細書には、半導体材料からできている基板への希ガスまたは水素の注入により、注入イオンの平均投影飛程(R<sub>p</sub>)に近い深さの所にマイクロキャビティ(micro-cavities)またはマイクロバブル(micro-bubbles) [「プレートレット(platelets)」とも称される]の層を形成させ得ることが開示されている。マイクロキャビティの概念には明らかにマイクロクラック(micro-cracks)が含まれている。マイクロキャビティの層の厚さは注入条件で定まる。この基板をその注入面を通して補剛体(stiffener)と接触させ、そして十分に高い温度で熱処理を施すならば、半導体基板を、第一は補剛体に接着している半導体薄膜、第二は半導体基板に接着している残りの部分という2つの部分に分離しているマイクロキャビティ間またはマイクロバブル間に相互作用が生ずる。分離はマイクロキャビティまたはマイクロバブルの場所で起こる。上記熱処理は、注入によって作り出されたマイクロバブル間またはマイクロキャビティ間の相互作用が、上記の薄膜と基板の残りの部分との間に分離を誘起させるそのようなものである。従って、薄膜が原基板(initial substrate)からこの薄膜の支持体として使用される補剛体に移行(transfer)されることになる。

この方法は、半導体材料以外の結晶性または非結晶性材料(導電性または誘電性材料)の薄膜を製造することにも応用可能である。



基板において境界を画成している薄膜が（その厚さに因り、またはその機械的性質に因り）それ自体十分に剛性であるならば、その移行アニーリング後に自立した膜を得ることができる。このことはフランス特許-A-2 738 671号明細書に記載されている。

欧州特許-A-0 767 486号明細書では、前記フランス特許-A-2 681 472号明細書に開示されている方法に対する改良が提案されている。この欧州特許-A-0 767 486号明細書によれば（第8欄を参照されたい）、フランス特許-A-2 681 472号明細書が開示する方法には次の欠点がある。即ち、移行されるべき膜の厚さをどう選択するか自由度が少ない。移行されるべき膜の厚さ（ $R_p$ に相当）とその膜を原基板から分離する条件とが相互に関係している。分離後に得られる薄表面の平面度が不十分で、しかも移行中に薄膜を均一な厚さに維持する方法がない。欧州特許-A-0 767 486号明細書が提案する改良は、イオン注入をシリコン基板の表面に形成された多孔質シリコン層の深さ $R_p$ の所で行うことから成る。このイオン注入は、マイクロキャビティがその多孔質層の孔壁に出現する程度まで、多孔度（孔密度）を増加させる。この層は、このとき、微細な多孔質構造体であると考えられる。ある種の注入条件下では、分離は、この微細な多孔質層中にフランス特許-A-2 681 472号明細書に記載される機構によって引き起こされる。従って、第一に、多孔質シリコン発生工程で作出される孔のゾーンに因る効果と、第二に、フランス特許-A-2 681 472号明細書による方法におけるように、小さい完全なシリコンゾーン中の孔間に生ずるキャビティのゾーンに因る効果という2つのゾーン効果が存在するのである。従って、提案された改良は、多孔質層を使用して分離後に良く制御された均一な厚さを有する層を得ることから成る。

欧州特許-A-0 767 486号明細書が開示する方法は、多孔質シリコン（その多孔度のオーダーは数十パーセントに等しい割合である）を形成することを推奨しているが、このことは、シリコンまたは材料を、その材料の弱化を引き起こす分離ゾーンから除去することと同じことである。

フランス特許-A-2 681 472号明細書によって開示されている方法よりもさらに意義のある改良は、イオン注入により得られるマイクロキャビティ層の厚さを小さくすることであると思われる。このことが本発明において提案されているものである。

#### 発明の説明

本発明が提案する改良は、イオン注入工程中に導入されるガス状化合物を拘束するために、原基板材料中に1つの包含物 (inclusion) または一組の包含物を作り出すことに因り可能となる。包含物とは、性質が1層または2層以上の薄膜を移行させようとする基板材料の性質と同じではない多量の材料のことである。包含物は、注入が行われる表面に対してほぼ平行に延在する層の形を取っていることができる。これらの多量の包含物は多種多様な形状を有していることができ、またそれらの寸法は20～30 (a few tens of) ナノメートルから数100 (several hundreds of) マイクロメートルまで変わることができる。

これら包含物の役割は、注入されたガス状化合物に対するトラップとして作用することである。これらトラップの作用範囲は、作られる包含物の性質に依存する。この場合、欧州特許-A-0 767 486号明細書が開示する方法の場合のように、除去材料は存在しない。

本発明による方法は、原基板材料中に包含物を形成することから成る予備工程を含む。その次の工程は、この材料中にガス状化合物 (希ガス、その他のガス状化合物) を注入することから成る。前段の工程中に形成された包含物の存在が、注入ガス状化合物の拘束を引き起こす。これら包含物の効率は、ガス状化合物を拘束するそれら包含物の力に関連付けられる。

包含物は、これを完全に制御可能なある深さ付近に形成することができる。それら包含物の存在は、注入化合物の拘束を公知技術による方法を用いて得ることができるよりもはるかに薄い擾乱層内に導入する。これは幾つかの利点を生む。注入ガス状化合物は、これらの包含物の近隣部と称されるこれら包含物の影響を受けるゾーンのレベルの所に、および／またはそのゾーン内に閉じ込められるのが好ましい。その精密な位置は、分離 (移行) 破碎 (fracture) が包含物の所お

よび／またはその近くに誘起され得る位置を意味する。その結果、破砕部の表面粗さが比較的小さくなる。さらに、この方法は、その拘束力に因り、破砕に必要な注入投与量に関して、少量でのその使用を可能にする。最後に、包含物の存在に因るその拘束効果で、その破砕に必要な熱供給量 (thermal budget) を破砕に至らしめるキヤビティの核形成と成長が促進される程度まで、下げることができるようになる。この利点は、最大温度上昇にある限界が存在する膜構造体を移行させる場合には明白なことである。例えば、1つのケースは、膨張率が10%を越える量だけ異なる材料の不均質系接着である。

従って、本発明の目的は、原基板において境界を画成している固体材料の少な  
くとも1つの薄膜を移行させる方法にして、次の工程、即ち：  
一包含物の層を、上記原基板中に、上記薄膜の所要厚さに相当する深さの所に  
形成する工程であって、それら包含物がその形成に繞いて注入されるガス状化合  
物のトラップとなるように設計されている上記工程；

一上記の工程に続く上記ガス状化合物の注入工程にして、上記包含物の層にガ  
ス状スベージスを運搬させるように、それらガス状化合物の注入エネルギーが  
、上記基板中のそれらガス状化合物の平均投影飛程が上記包含物層の深さに相当  
するそのようなエネルギーであり、また上記注入ガス状化合物の投与量が、破面  
(fracture plane) を形成するのに適したマイクロキヤビティであって、その波  
面に沿って上記薄膜を上記基板の残りの部分から分離させることができる上記工  
程  
マイクロキヤビティを形成させるに十分な量である上記工程  
を含んで成ることを特徴とする上記の方法である。

ガス状スベージスの注入工程は、それらガス状スベージスの上記基板への浸透  
の平均深さが上記包含物の層の深さに相当するように、ガス状スベージスの注入  
エネルギーを用いて行うことができる。また、この工程は、上記基板への浸透の  
平均深さが上記包含物の層の深さに近似し、この注入を上記の注入されたスベ  
ージスが上記包含物の層への移動を許すよう拡散熱処理と付随させて、それらが  
ス状スベージスの注入エネルギーを用いて行うこともできる。

注入工程は、1種または数種のガス状化合物を同時にまたは順次に注入する方

法で行うことができる。

原基板は、1層または2層以上の薄膜より構成される構造体を支持している固体部分にして、上記固体材料薄膜がパターンとしてその境界を画成していなければならないその固体部分から構成されていることができる。この構造体は、その一部または全部をエピタキシーによって得ることができる。この構造体は、エピ

タキシーの担体であってもよいし、そうでなくてもよいその基板の残りの部分が、その薄膜が別の薄膜を移行させるように移行された後に再使用することができるそのようなものである。

包含物の層は膜堆積技術で形成することができる。次いで、この方法は柱状物を生じさせるか、または粒状物を生じさせることから成ることができる。

包含物は前記ガス状化合物に対して化学的親和性を有していてもよい。

包含物はその包含物層を形成している材料とそれに隣接する基板領域とがパラメーターに関して整合していないことにその起源があるだろう。このパラメーターの不整合は、結晶パラメーターの大きさの変化、移行された構造体の表面に平行な平面に沿う結晶配向の変化、膜の1つと原材料（および／または他の膜）との間の熱膨張率の相違より成るだろう。

包含物層は、基板層をエッチングする技術によって形成することもできる。

それは、また、基板層中への元素の注入によっても形成することができる。これらの元素は1つの工程または数工程で注入することができる。これら元素の注入はトラップの効率を高め得る熱処理によって補助することができ、この熱処理は、多分、注入前、注入中および／または注入後に行われる。この熱処理は包含物の形態、構造および／または組成を変えることができ、このことが引き続くガス状化合物の拘束を促進する。この熱処理は包含物層の全面に破砕部を作るのには使用できない温度でそのような期間行われる。

包含物層は、膜（1層または複数層）の熱処理によっておよび／または膜構造体中の膜（1層または複数層）に応力を加えることによって得ることもできる。

包含物層は上記の異なる技術の組み合わせによって得ることもできる。

ガス状化合物は、中性化合物およびイオンの中から選ばれる化合物の衝撃によ

り注入することができる。その注入は、プラズマ補助拡散法、熱拡散法、および熱拡散法と組み合わせられた、または電氣的分極によって補助されたプラズマ補助拡散法から選ばれる方法によって行うこともできる。注入は基板の注入表面に対して垂直に、またはある一定入射角で起こるだろう。それは希ガスまたは他の元素を用いて行うことができる。

本発明の方法は、基板を包含物層において弱化させることができ、それによって薄膜と基板の残りの部分との間で分離を可能にする熱処理工程を含んでいることができる。この熱処理は所定の熱供給量により適用されるが、その熱供給量はこの方法の過程で用いられる色々な熱供給量に依存する。この熱処理では、特に、包含物の形成工程および／またはガス状化合物の注入工程に由来する温度上昇のような、熱力学的平衡が達成されない熱処理、並びに、例えば注入、或いは支持体上で接着するときに接着力を強化するというような目的から基板を加熱または冷却することを含む熱処理で誘発される温度上昇が考慮される。従って、この熱処理は、上記の弱化が本発明方法の他の工程で達成可能であるならば、無くてもよい。それは正の温度または負の温度を加えることによって達成できる。本発明によるこの弱化は、それが薄膜を機械的応力を使用し、または使用せずに基板の残りの部分から分離可能にするそのようなものである。この熱処理は、例えば温度を急速に上昇させるために、パルス加熱で達成することができる。例えば、このパルス加熱はR T A (Rapid Thermal Annealing: 急速熱アニーリング) タイプまたはR T P (Rapid Thermal Process: 急速熱加工) タイプのものであることができる。

本発明の方法は、基板において境界を画成している薄膜を、それが基板の残りの部分から分離された後に接着する支持体と密接させる工程を含んでいることができる。薄膜は(例えば、ウエハーの接着により)直接密接させてもよいし、或いは材料上添加物(an added on material)を介して密接させてもよい。熱処理工程を用いて、基板において境界を画成している薄膜とその支持体上添加物との間の接着を強化することができる。

薄膜と基板の残りの部分との間の分離に寄与せしめるために、その熱処理中お

よび／または熱処理後および／または熱処理前に機械的応力をかけてもよい。

本発明による方法は、シリコン薄膜を原基板から移行させるのに特に適している。この方法は、また、周期律表第III-V族の半導体材料（例えば、AsGa）からできている薄膜の原基板からの移行に適用することもある。その薄膜はそれ自体薄膜構造体から構成されていてもよい。この薄膜は、移行されるべき薄膜の全てまたは一部の上に集積回路または移行されるべき薄膜の全てまたは一部の上にその上のオプトエレクトロニクス成分を形成するようにその移行前に少なくとも

も部分的に処理されていてもよい。

#### 図面の簡単な説明

本発明は、添付図面に付随してなされる、非限定例として与えられる次の説明を読めばさらによく理解されるであろう。添付図面において、

－図1は、包含物の層を含んで成る膜構造体を柱状成長に因り成長させるのにスパッタリング法が用いられている、原支持体上に形成された基板の断面図であり；

－図2は、包含物の層を含んで成る膜構造体を粒状成長に因り成長させるのにスパッタリング法が用いられている、原支持体上に形成された基板の断面図であり；

－図3および4は、結晶性組成物のグリッドパラメーターの、その組成物に導入された元素の含有量の関数としての変化を示している図であり；

－図5は、包含物がエッチングで生成されている基板の断面図であり；

－図6A～6Dは、薄膜が補剛体に移行される場合の、本発明による方法を説明している図であり；

－図7は、本発明による方法を用いてSOI構造体を得るのに使用することができる基板の断面図である。

#### 発明の態様の詳細な説明

基板－これより薄膜が移行される－は（単一材料から形成された）固体基板であってもよいし、あるいは複合基板であってもよい。言い換えると、それは同一

または異なる化学的および／または物理的性質を持つフィルムから形成される。

包含物は基板の原材料中に、特に次の作用で生成させることができる：

－原材料における構造変化（結晶構造、結晶配向、非晶質の局所場、物質の抜け落ち等々）；

－物理的性質の変化（緻密化、製造中のガスの含有、各種イオンの注入、数層に対するイオンエッチングおよび／または選択的な化学的および／または電気化学的エッチング等々）；

－化学的性質または化学結合の変化（ドーピング効果、組成変化の効果、前もって接着された構造体の界面の利用等々）；

－局在物質の多少の変形（界面効果、膨張率の異なる層に対する熱処理の効果、連続する層間に生じる応力の効果等々）。

材料表面に比較的平行なゾーンに包含物を作るのに、膜の形をした材料を製造または処理するための多数の技術を用いることができる。

例えば、適用の点から見ると、この種の方法の利点は、その方法で1層または数層の積層膜や、マイクロ電子部材、センサー等々を作るために部分的にまたは完全に処理された構造体のための基板変化が可能になることである。例えば、この必要は、移行される膜または構造体を、最終の支持体が耐え得なくなる熱処理（過度の温度、熱膨張の過度の相違等々）に付そうとする場合に、非常に重要である。

各種の膜堆積技術が、膜組成、それらの応力、構造および形態、構造を容易に変え得る1層または数層の膜の積層体を作るのに用いることができる。膜の堆積とは、膜を付加しおよび／または作成することを意味する。これらの色々な可能性を、ガス状化合物を注入する工程前に原材料に包含物を生成させるのに利用することができる。界面、膜（1層または複数層）およびそれらに関係がある近傍系（一つまたは複数）が、続いて、本発明方法の第二工程中に注入されるガス状化合物のトラップとして作用する包含物のゾーンになると考えられる。

堆積技術は多数存在するが、それらは製造しようとする材料の性質の関数として選ばれる。材料は非晶質でも、多結晶性でも、或いは単結晶性でもよい。ある

種の用途には、堆積物は（均質または不均質な）エピタキシーで形成されなければならない。一番頻繁に使われた堆積技術に、イオンスパッタリングによる蒸着法、プラズマで補助され、または補助されない高圧または低圧における気相反応による蒸着法、分子ジェットによる堆積法、液相中でのエピタキシーによる堆積法、レーザー削摩で補助された堆積法がある。

イオンスパッタリング技術は異なる配向と大きさでの柱状成長を可能にする。これらの大きさと配向は蒸着の圧力、温度およびエネルギーの各条件に応じて制御することができる。柱状成長では、柱状物の一部の成長が停止され、このことが、他の柱状物がそれより大きくなるのに有利に働く。例えば、Co (Zr、Nb) 膜の製造では、その蒸着中に30ミリトル (mTorr) のオーダーのアルゴ

ン圧が柱状成長を助長する。この効果は原支持体平面に関してその蒸着物に特定の磁性を賦課するのに利用することができる。成長が止められた柱状物の端部ゾーンおよび／またはその近くのゾーンは排除 (exclusion) ゾーンである。

図1は、このようにして得られた一つの基板を説明するものである。その基板は、複合構造であってよいし、そうでなくてもよい原支持体1から形成され、その支持体上に薄膜構造体2がスパッタリングで成長せしめられている。構造体2の内部で柱状成長が誘発されて、注入されるガス状化合物のトラップゾーンとして利用される包含物層3を形成している。トラップゾーン内またはその周囲の破面 (fracture surface) の場所は、作り出されるトラップの効率に依存する。

この蒸着技術は、極めて容易に制御できる寸法を持つ中サイズの粒状物（単結晶性、多結晶性または非晶質の集塊物）に成長させることもできる。例えば、 $T_m$  を蒸着される材料の融解温度とすると、蒸着温度  $T/T_m$  の比が0.5を越えるそのような蒸着温度  $T$  が結晶性粒状物の成長を促進する。この主題については、*Thin Solid Films Journal*, 47, 219 (1977) で公表されたA. G. ダークス (A. G. DIRKS) およびH. J. リーマイ (H. J. LEAMY) の報文に更なる情報が与えられている。粒状物間の接合部も本発明による方法の包含物ゾーンである。

図2は、このようにして得られた一つの基板を説明するものである。この基板は複合または非複合・原支持体5から形成され、その支持体上に薄膜構造体6が



スパッタリングで成長されている。構造体6の内部で粒状成長が誘発されて、注入されるガス状化合物用トラップのゾーンとして利用される包含物層7を形成している。包含物ゾーンにおける破面の位置は、作成されるトラップの効率に依存する。

一般に、完全に制御可能な厚さを持つ膜を得るのに膜堆積技術を用いることができる。その場合、単一または複数の膜から構成される薄い構造体を作ることが可能である。膜堆積物が（原支持体と、および／または膜間に）いかなる結晶関係もない状態で、または（均質または不均質な）エピタキシーで造られる。さらに、膜堆積物なる用語は、結晶性構造を形成するために緩衝層および／または種結晶層を含む多層膜の堆積物を包含していなければならない。ここで、同じ性質を持つ支持体上での膜の均質系エピタキシーの場合、その界面（それが存在するとして）は包含物の位置にあることができる。続いて注入されるガス状化合物はこの界面の所および／またはその付近に所在する。

1層または2層以上の膜から形成されているこれらの構造体は、  
- 膜の物理的および／または化学的性質（膜間の化学的相互作用、多層構造の場合の結晶配向の変化、後に注入されるガス状化合物についての親和性等々）；  
- これらの色々な膜と生成した界面に存在する応力（結晶網目の不整合、熱膨張率の相違、界面の微小粗さ、堆積される材料の元素以外の元素の包含物、不均質相の含有等々に因る）  
を与えると、包含物ゾーンの一部または全部を占める。

例えば、少なくとも1層の結晶性膜が堆積され、緩衝層および／または種結晶層と称される1層または数層の膜で結晶性原支持体から分離されている多層構造体を作ることができる。結晶性膜中の結晶配向は原支持体の結晶配向と同じであってもよいし、異なってもよい。緩衝層の役割は、特に原支持体に対する平面におけるプレートレットの表面の一部または全面で結晶配向の変動を誘発することである。この場合、応力および／または転位ゾーンが生じ、これらが結晶網目を適応させるために利用されることになる。このゾーンは前記の膜に近い位置に所在する。超伝導性のYBaCuO膜の堆積では、かくして、その膜はSrT

$\text{LaO}_3$  および／または  $\text{CeO}_2$  緩衝層上にエピタキシーの機作で造られる。これらの緩衝層は、サファイヤ基板上にして、その R 平面 (1102) 内でエピタキシー状態にある。網目の整合は界面に近い所または上記膜の体積内に高応力が生ずると同時に、上記平面内のタイプ  $\langle 001 \rangle$  の結晶軸について  $45^\circ$  の回転を賦課する。この  $45^\circ$  の回転はあるゾーンでは省かれることがあり、それはそれらゾーン内での  $\text{MgO}$  極薄膜の干渉によってもたらされる。この主題については、Physica Journal、C269 (1996)、255-267 で公表された、S. ニコレティー (S. NICOLETTI) 等による報文「 $\text{SrTiO}_3$  基板およびサファイヤ基板上のバイーエピタキシャル YBCO 粒界ジョセフソン接合 (Bi-Epitaxial YBCO Grain Boundary Josephson Junctions)」に更なる情報が記載されている。

結晶網目間の不整合によつて引き起こされる応力に関係しているもう 1 つの例は、シリコン支持体に対する  $\text{Si}_{(1-x)}\text{Ge}_x$  膜の気相化学蒸着 (CVD) で

あろう。その応力はゲルマニウムの膜組成物中濃度  $x$  の関数として制御される。図 3 は、グリッドパラメーター PR がゲルマニウムの組成物中濃度  $x$  の関数としてどのように変化するかを示すものである。直線 10 の傾きは、Ge の原子百分率に依存して  $+0.022 \text{ nm}$  に等しい。もう 1 つの例は、僅かにドーパされたシリコン板上に蒸着された (例えば、硼素により原子数  $10^{14} \sim 10^{20} \text{ 個/cm}^3$  でドーパされている) シリコン膜中のドーピング度に関係する応力効果である。図 4 は、ネットワークパラメーター PR が硼素原子の原子百分率としての濃度  $x$  の関数としてどのように変化するかを示すものである。直線 11 の傾きは  $-0.14 \text{ nm}$  に等しい。本発明者は、化学的性質により包含物の概念も含めることができた。かくして、シリコン支持体上に蒸着され、次いで被包性膜でカバーされた Ti 膜は、存在する可能性があり、しかも後に行われる熱処理時にシリコンを通して拡散するいかなる酸素に対しても強い感受性 (「ゲッター効果」) を維持する。この誘発効果は包含物ゾーンと称される応力の加わったゾーンを発生させる。

膜蒸着中の応力発生 の 1 例は、蒸着圧力、蒸着温度、蒸着力、キャリアーガス、中性ガスおよび反応性ガスの分圧の比による蒸着雰囲気組成のような蒸着パ

ラメーターの使用である。応力は、膜蒸着圧力に依存して、蒸着された膜の中に高圧縮または高張力の状態を作り出す可能性があることは知られている。英国 (United Kingdom)、サルフォード (Salford) で 1987 年 9 月 14 - 16 日に開催された E. M. M. A. 会議における「R. F. スパッタリングにより蒸着された非晶質  $\text{Co}(\text{Cr Nb})$  膜のアニーリング後の応力と保磁度の変化 (Changes in Stress and Coercivity after Annealing of Amorphous  $\text{Co}(\text{Zr, Nb})$  Thin Film Deposited by R.F. Sputtering)」と題される A. マターン (A. MATERNE) 等の報文にこの主題について更なる情報が含まれている。しかして、 $\text{Co}(\text{Zr, Nb})$  膜の陰極スパッタリングによる蒸着の場合、2~3 (a few) ミリトルのオーダーの低圧でその膜に圧縮状態が導かれるが、これに対して数十 (several tens of) ミリトルのオーダーの高圧では同じ材料が張力状態にもたらされる。この変化は、蒸着時にその膜に含まれるアルゴンと酸素の密度によって引き起こされることが化学的分析で確認された。その応力の大きさ

は、それら応力が、限られたケースで、膜の接着欠陥を引き起こし得るそのような大きさである。

「膜の堆積」なる用語には、これらの効果を堆積された膜に誘発するために、堆積の前または後に行われる熱および／または物理化学的処理が全て含まれる。

包含物はエッチングでも生成させることができる。乾式法 (イオンエッチング、反応性イオンエッチング) および／または「湿式」化学的方法 (選択性エッチング、異方性エッチング) および／または電気化学的方法によるエッチングが、非常に小さい表面積の全面に開いた選択された大きさのキャビティを造るのに用いることができる。これらのキャビティは、後に、移行に必要なガス状化合物用のトラップ材料で満たされてもよいし、満たされなくてもよい。

包含物を生成させるのに多層構造体をエッチングする技術を用いることができるが、この技術は、プレートレットの表面の一部または全部を覆う部分マスキング技術 (マイクロエレクトロニクスで常用される技術) により多かれ少なかれ補助される。従って、窒化珪素の非常に薄い表面膜中に非常に小さい (サブミクロン) 開口のグリッドをエッチングすることが可能である。ポジまたはネガの樹脂

膜上にはマスクを通して分離技術が用いられる。あるゾーンでは、その樹脂膜は次いでその使用樹脂に合った現像剤で化学的に取り除くことができる。これらの開口ゾーンにおいては、窒化珪素膜中に開口を作るのに、イオンエッチングと称される、加速イオンビームを用いるエッチング技術が使用できる。この表面膜がシリコン膜の表面に堆積されると、シリコンを、作られた開口と整列した状態で、水酸化テトラメチルアンモニウムを用いてエッチングすることが可能になる。この化学的エッチングは、そのシリコンのエッチング速度がその窒化物のエッチング速度より100倍以上も大きいそのような程度まで非常に選択性である。次いで、窒化物膜にできる開口よりも大きいキャビティを作ることが可能である。

図5は、このタイプの態様を示すものである。図5は、シリコン膜15でカバーされている原支持体14から構成される基板13を図示している。膜15は窒化珪素の極薄膜16で被覆され、その極薄膜中に小さい開口17が形成されている。開口17はシリコン膜15にキャビティ18を得るのに利用された。窒化珪素膜16に作られた開口17の寸法とこの膜16の厚さに依存するが、キャビテ

ィ18中に材料19を堆積させることが可能である。ここで、この材料の化学的性質は、後の注入工程中に注入されるガス状化合物（例えば、酸素）を閉じ込めるのに有利な性質である（例えば、そのゲッター効果にはチタン）。

続いて、層の堆積によって作られた開口が塞ぐことができる。この堆積は、例えば結晶化シリコン膜中に作られたパッドの構造体を移行する場合は、必ずしも必要なものではない。同様に、ある種の条件下では、一部キャビティの閉鎖を促進するために、或いは全てのキャビティを閉鎖しさえするために、熱処理が制御された雰囲気下で用いられる。本発明による方法では、これらのエッチングゾーンは包含物、および後に注入されるガス状化合物用のトラップであると考えられる。

包含物はイオン注入によっても生成させることができる。

中性化合物またはイオンの衝撃によるある材料中への注入は、注入元素のある特定の深さの所に包含物に富む層を生成させることができる。注入された化合物については、そのとき標的材料の電子的なおよび核の遅延効果が考えられる。本

発明による方法では、原材料が標的材料であると考えられる。その注入プロセスは1回または数回の注入で行うことができる。これらの注入は、各注入中または各注入間において熱処理で補助することが可能であろう。注入された化合物およびそれに関連した欠陥は、平均投影飛程 $R_p$ に近いところに見いだされるだろう。生成した包含物は、その材料の局所秩序中に小さい度合いの無秩序として現れる。それらの形態、構造と大きさは、熱処理および／または同じ若しくは異なる元素の単一および／または多重注入によって変えることができる。

例えば、絶縁体上シリコン (Silicon on Insulator: SOI) 材料のSIMOX (Separation by Implantation of Oxygen: 酸素の注入による分離) 法を用いての製造を考えられたい。即ち、生成包含物のトポロジーと形態、構造を改変するために、酸素の注入を120 keVで行い、続いて高温 (例えば、約1300℃) で熱処理を行う。シリコン板内への酸素の低投与量 ( $O^+$ : 約 $4 \cdot 10^{17}$ 個/ $cm^2$ ) での注入は、典型的には深さ250 nm (典型的な厚さは80~100 nm) の所に薄い酸化物層を生成させることができる。この層には欠陥がある; 即ち、それは大体連続であり (シリコンのパイプが存在する)、またそれは

注入投与量に依存してシリコンの島 (典型的な寸法は20~30 (a few tens of) ナノメートル) を含んでいる。これに関しては、Proc. 6th International Conference on SOI Technology and Devices, Electroch. Soc., Vol. 94-11 (1994)、62の「低投与量SIMOX法により形成された超極薄埋没酸化物層 (Ultra Thin Buried Oxide Layers Formed by Low Dose SIMOX Processes)」と題されるB. アスパー (B. ASPAR) 等による報文を参照されたい。同様に、この酸化物層とそれより上の膜との界面は、施された熱処理に依存して、幾分粗い。一般的には、この界面粗度は、Materials Science and Engineering Journal、B46 (1997)、29-32で公にされた、「低投与量SIMOX材料におけるSOI層の形態、構造の原子力顕微鏡検査法による特性化 (Characterization by Atomic Force Microscopy of the SOI Layer Topography in Low-Dose SIMOX Materials)」と題される、C. ギルハルメンク (C. GUILHALMENC) 等による報文に記載されるように、20~30 (a few tens of) ナノメートル~2~3 (a few) ナノメートルの範囲

内で制御することができる。この注入層とその界面は、本発明による方法の第二工程中に注入されるガス状化合物のための拘束ゾーンとしての包含物ゾーンであると考えられる。

支持体である原材料中に、または移行されるべき膜構造体層の内の少なくとも1層中に包含物を生成させるのに、熱処理を用いることもできる。

例えば、シリコンでは、原材料中に存在する酸素を特定の深さの所に析出させる (precipitate) のに、「高-低-高」熱処理が用いられる。この深さは、チョクラスキー結晶引上げ法 (Czochralski pulling) で得られる単結晶シリコンの場合、典型的には、2~3 (a few) マイクロメートルである。これは、典型的には、1000℃を越える一定の高温と、それに続く900℃未満の一定の低温、次いで1000℃を越えるもう1つの一定の高温より成る温度サイクルを適用することにより行われる。その深さ  $x$  の大きさのオーダーは、拡散式： $x \propto (Dt)^{1/2}$  (式中、 $D$  は熱処理温度における拡散係数であり、そして  $t$  はこの温度における拡散時間である) から出発して、評価される。熱処理で生成せしめられたこの層は包含物ゾーンであると考えられる。

もう1つの例として、前記諸法のいずれか1つで堆積された膜中の応力レベル

を適合させることを可能にする熱処理が知られている。かくして、CVD法で蒸着された酸化珪素膜に対する500℃を越える温度での熱処理で、圧縮応力を低下させることが可能になるか、その圧縮応力を完全に消去することが可能になるか、或いはその圧縮応力を張力に変えてしまうことさえ可能になる [A. スリントニ (A. SLINTANI) 等の J. Appl. Phys., 51 (8), p4197 (1980) を参照されたい]。このタイプの挙動は、その酸化物が水蒸気になる反応によって引き起こされることが考えられる。それは、脱気効果または緻密化効果であると解釈することもできる。同様に、膜の1つと原支持体 (または他の膜) との間の大きな熱膨張でも、大きな応力状態がもたらされて、ガス状化合物の閉じ込めを助長する応力包含物を局所的に生成させることが可能になる。例えば、サファイヤのR平面上に作られたシリコン膜 (100) のケースがある。膨張率は、それぞれ、 $4 \cdot 10^{-6} / \text{K}$  および  $9 \cdot 10^{-6} / \text{K}$  のオーダーである。その応力はその界面回りの膜

の厚さ内に極めて局在しているので、これはその材料を局所的に変形させる。こうして擾乱されたゾーンは本発明による方法の包含物ゾーンであると考えられる。

平面の膜構造体上で応力を誘発するもう1つの方法は、原支持体の背面に非常に高度に応力が掛かっている膜を堆積させるもので、それにより形態、構造的変形（凹部または凸部）が付与される。この膜構造体が次に変形せしめられる。本発明による方法で移行されるべき単一の膜または複数の膜を含むこの構造体中の、応力が局所的に加わったゾーンが、後に注入されるガス状化合物のための封入ゾーンである。

本発明による方法は、当該材料中に包含物を生成させた後に行われる第二工程を含む。この第二工程は先行工程で生成せしめられた包含物の層に近い深さの所にガス状化合物（原子またはイオン）を注入することから成る。これらのガス状化合物は包含物の存在により拘束される。それらが析出すると、移行破砕に必要なマイクロキャビティ、マイクロバブル（即ち、「プレートレット」）を核化および／または成長させるに至る。この注入は、衝撃および／またはプラズマ補助拡散および／または熱処理および／または電気的分極により移行される構造体の平面状態の表面を貫通して達成される。

衝撃（中性化合物および／またはイオン）による注入の場合、これらのガス状化合物は平均投影飛程  $R_p$  の所に注入される。この深さは、所定の標的に注入される元素の注入エネルギーに特有のものである。従って、注入エネルギーは、深さ  $R_p$  が包含物ゾーンのレベルに相当するか、または、その深さが上記包含物の層の深さに近似し、そして拡散熱処理が、包含物ゾーンのレベルにおいて上記の注入されたスピーシーズの移動を許すのに用いられるように選ばれる。ガス状化合物は H、F、He のような希ガスであってもよいし、希ガスでなくてもよい。それらガス状化合物は同時にまたは順次に注入させることができる。

図 6 A ～ 6 D は、薄膜が補剛体上に移行される場合の本発明の方法を例示、説明するものである。図 6 A は、前記方法の1つで形成された包含物ゾーン 21 を含む、（例えば、原支持体上の薄膜（1層または複数層）の構造体から形成され

ている) 基板20を示す。包含物ゾーンは基板の表面22から、移行されるべき薄膜の厚さに相当する距離の所に位置する。図6Bはイオン注入工程を説明するものである。ガス状化合物は、例えば衝撃または拡散により、基板の表面22を貫通して注入される。ガス状化合物の深さ $p$ の関数としての密度 $d$ は、それらの平均投影飛程 $R_p$ がガス状化合物を高密度で有するトラップゾーンとなる包含物ゾーンに相当するそのような密度である。図6Cは、基板20の表面22を中間層24の追加により補剛体23の上に接着させる工程を説明するものである。表面22と補剛体23とを中間層の追加なしに接着させるのに、他の方法も用いることができる。図6Dは、前記の所要熱供給量の関数としての適切な熱処理に続く分離工程を説明するものである。この図において、その分離破砕部はトラップゾーンに入り込んでいる。従って、原支持体は補剛体23に接着している薄膜25と残りの部分26から成る。そのトラップゾーンは本図には2つの切り離されている領域より成るものとして示されている。しかし、トラップゾーンは、場合に応じて、薄膜25に接着するか、または基板の残りの部分26に接着するかのいずれかによって、完全な状態のままにしておくことができる。

ガスの拡散による注入の場合、そのガス状化合物は、拡散の時間と温度を調整することにより包含物の深さに近い深さまで拡散することができる。

( $Dt$ )<sup>1/2</sup>で与えられる古典的な拡散法則がその拡散の深さを調整するのに適用可能である。かくして、(形成ガスと称される) アルゴンと水素との9:1比の雰囲気下での熱処理が、シリコン中での約350℃における水素の拡散を可能にする。

注入法の如何にかかわらず、注入ガス状化合物の量は、前記の包含物から始まり、その包含物の近くにマイクログラム、マイクロメートル(即ち、アレートルト)の核となって、および/またはそれらを発現させて析出するのに十分な量でなければならない。注入条件(投与量、エネルギー、標的溫度、注入時間)は次のものに特に依存する:

— 原材料(標的)、

— 包含物の性質と位置、



- 注入で供給される熱供給量、
- 注入ガス状化合物の性質、
- 接着（もしあれば）に続いて供給される熱供給量、
- 弱体化熱処理で供給される熱（エネルギー）供給量、
- 何らかの機械的応力。

しかし、注入投与量は、注入の間に材料中に剥離が生ずることによって決まる最大投与量よりは少なくなければならない。包含物の効率、その包含物付近のあるガス状化合物の濃度を考慮して、そのガス状化合物に対する、移行に必要なそれら包含物の拘束力によって規定される。

イオン注入の場合、この効果は、注入Rpの周囲では注入化合物の濃度がより高いことに因る、注入分布（profile）の幅の縮小によって説明される。例えば、シリコン支持体上に生成した厚さ0.4  $\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>膜より構成される、移行されるべき構造体を考察されている。即ち、包含物を生成させるように設計された100 keVのエネルギーによる、 $\text{H}^+ \cdot 3 \cdot 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^2$ に等しい水素の第一のイオン注入は、0.9  $\mu\text{m}$ という平均深さの所に、ある水素濃度をもたらす。熱処理は、典型的には、約350℃で2時間行われ、それは包含物（マイクロキャビティ）の形態、構造を変えるように設計されている。このキャビティを含む層は、フランス特許-A-2 681 472号明細書が開示する方法の場合のように、注入がより高い投与量で行われた場合より薄いことが見いだされ

る。この包含物ゾーンは成長しているマイクロキャビティのこの層に相当する。 $\text{H}^+ \cdot 2 \cdot 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^2$ の第二の注入が、例えば500℃で1時間の分離熱処理中にこの包含物の近くに破碎を可能にするのに十分である。

作られる包含物ゾーンおよび／または使用される膜構造体の厚さに因る、非常に薄い厚さにわたるマイクロキャビティ、マイクロバブル（即ち、プレートレット）の拘束およびその可能な位置の利点を理解することは、極めて容易である。同様に、破面の粗さも包含物、従って破碎ゾーンの拘束に因って小さくなる。

一般に、マイクロキャビティの核形成および／または発現に必要な注入されるべき投与量を減少させ、および／または用いられる力を減少させ、および／また

は破碎を誘発する熱処理のエネルギー供給量を減少させることが、そのとき可能になる。

支持体上に最終膜構造体を得るように設計された移行法は、原材料が第三工程中に第二支持体上に加えられることを想定している。その接触は、ウエハーの接着で直接的に、または接着層を介して行われる。それは最終支持体をして補剛体として作用するのを可能にしなければならない。両タイプの（直接および間接的な）接触において、低温熱処理法を用いる固定化工程が必要になることがある。この処理は、それが原材料におけるマイクロキャビティおよび破碎の成長機構を妨げないように適合されなければならない。本発明の方法の第四工程中に破碎を誘発するのに必要な熱供給量に考慮を払わなければならない。移行されるべき構造体が十分に堅くおよび／または厚く、従ってこの工程が必要でない場合、移行中に「自立した」構造体を得られる。

かくして、シリコン支持体に移行されるべき  $\text{SiO}_2$  膜でカバーされている構造体の例では、 $200^\circ\text{C}$  のオーダーの温度がウエハーの接着を強化するのに十分である。この酸化物膜とシリコン支持体との間の接着エネルギーは  $0.3 \text{ J/m}^2$  を越える。

本発明の方法における膜構造体に移行させるための第四工程では熱処理が必要とされるが、その熱処理の時間と温度は、特に作り出される包含物の効率、注入ガス状化合物の投与量、原材料の注入熱条件および最終支持体プレートに対する接着熱条件の関数として規定される。この熱処理は原材料中に破碎をもたらすに

十分なものでなければならない。これは、従って、最終支持体と接触している膜構造体から原材料の未使用部分を分離させる。この分離は閉じ込められた化合物の層付近で起こる。本発明による条件の下では、その膜構造体（単層または多層）は、従来技術による方法において必要な熱供給量よりも少ない破碎熱供給量で移行され得る。分離の熱供給量を規定するに当たっては、生成包含物の効率、ならびに本発明の方法の色々な工程中に、即ち包含物の生成中、注入中および補剛用支持体に対する原材料の接着中に、複数のプレートに加えられる全体の熱供給量を考慮することが必要である。

さらに、構造体の移行に必要なエネルギーの一部は熱処理で、および／または、例えば最終支持体の補剛効果に関係した、あるいは剪断、曲げ、張力または圧力の各応力の単独または組み合わせによる適用に関係した応力により加えることができる。この効果は、フランス特許-A-2 748 851号明細書に記載されるものと同じ性質のものである。この場合、本発明方法の第二工程中に注入されるガス状化合物の最低投与量は、表面に平行なプレートレットを十分に弱化させるに足る、マイクロキャビティの十分な生成および／または成長がある、そのような投与量を越える投与量である。

図7は、SOI構造体を得る場合の本発明による方法の適用を説明するものである。原基板30は、厚さ約50nmのシリコン膜32が堆積される、エピタキシーにより生成せしめられたホウ素で強力にドーピングされている（原子数約 $10^{19}$ 個/cm<sup>3</sup>）面上のシリコンプレートレット31から出発して形成される。膜32は、それ自体、同様にエピタキシーで生成せしめられたホウ素で僅かにドーピングされている（原子数約 $5 \cdot 10^{15}$ 個/cm<sup>3</sup>）厚さ約350nmのシリコン膜33でカバーされている。最後に、膜33は自由表面35を有する厚さ約400nmのSiO<sub>2</sub>膜34で被覆される。この高度にドーピングされたシリコン膜32は包含物ゾーンとして作用する。

基板30は、次に、表面35を貫通して行われるガス状化合物の注入工程に付される。水素が原子数 $5 \cdot 10^{16}$ 個/cm<sup>2</sup>の投与量でエネルギー80keVおよび周囲温度において注入される。

表面35は、次いで、250℃、30分間の熱処理で補強されたウエハーの接着により、シリコンプレートに接着せしめられる。

原基板30を2つの部分に分離する工程は、破碎に対する効率が熱供給量（各種熱入力の間と温度）によって調整、適合せしめられている熱処理から成る。この最終熱処理は膜32の所および／またはその付近の原基板中に破碎を誘発する。この最終熱処理は、典型的には、250℃で2時間行われる。

かくして、シリコン塊状体に接着されている酸化珪素層（原基板中の膜34）上に、僅かにドーピングされたシリコン膜（原基板中の膜33）からできている構造

体を得ることが可能である。その高度にドーブされたシリコン膜 32 が破碎部の拘束作用のために用いられた。

本発明による方法は、1 層または数層の膜を、フランス特許-A-2 681 472 号明細書に開示される方法で必要とされる温度と同程度に高い温度での熱処理には付してはならない構造体の移行に特に魅力がある。この方法は、また、移行されるべき構造体が異なる熱膨張率を有する材料から構成されている場合にも有用である。

最後に、本発明による方法に関する次の利点に気付くことが重要である。即ち、移行膜構造体の表面は破碎中に得られる擾乱ゾーンである。この擾乱ゾーンの厚さは、注入ガス状化合物のその投与された量を拘束する包含物の所および／またはその付近にある層の使用に起因して極く小さくてもよい。このことで、かくして、表面の粗さが小さい移行構造体を得られる。これは、その構造体が、その材料の厚さ内部におけるマイクロキャビティまたはマイクロバブルの移行中の分布に直接関係しているからである。

#### 請求の範囲

1. 原基板(20)において境界を画成している少なくとも1層の固体材料の薄膜を移行させる方法にして、次の工程、即ち:

— 包含物(21)の層を、該原基板中に、該薄膜の所要厚さに相当する深さの所に形成する工程であって、それら包含物はその形成に続いて注入されるガス状化合物のトラップとなるように設計されている該工程;

— 上記工程に続く該ガス状化合物の注入工程にして、上記包含物(21)の層に上記ガス状スピーズを運搬させるように、それらガス状化合物の注入エネルギーが、基板(20)中の該ガス状化合物の平均投影飛程が包含物層(21)の深さに相当するそのようなエネルギーであり、また該注入ガス状化合物の投与量が、破面を形成するのに適したマイクロキャビティであって、該波面に沿って薄膜(25)を基板(20)の残りの部分から分離させることができる該マイクロキャビティを形成させるに十分な量である該工程を含んで成ることを特徴とする上記の方法。

2. 上記ガス状種の注入工程が、上記基板(20)への含浸の平均深さが上記包含物(21)の層の深さに相当するように、それらのガス状スピーシーズの注入エネルギーを用いて行われることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の少なくとも1層の薄膜を移行させる方法。

3. 上記ガス状種の注入工程が、上記基板(20)への含浸の平均深さが上記包含物(21)の層の深さに近似し、この注入を上記の注入されたスピーシーズが上記包含物(21)の層への移動を許す拡散熱処理と付随させるように行われることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の少なくとも1層の薄膜を移行させる方法。

4. 前記原基板が膜構造体を支持している固体部分から構成され、その固体部分において該固体材料の薄膜が境界を画成していなければならないことを特徴とする、請求の範囲第1～3項のいずれか1項に記載の、少なくとも1層の薄膜を移行させる方法。

5. 前記構造体の一部または全部がエピタキシーで得られていることを特徴とする、請求の範囲第4項に記載の、薄膜を移行させる方法。

6. 前記構造体が、(エピタキシーの担体であってもよいし、担体でなくてもよい)前記基板の残りの部分が、前記薄膜を移行させた後に別の薄膜の移行に再使用することができるそのようなものであることを特徴とする、請求の範囲第4項または第5項に記載の、薄膜を移行させる方法。

7. 前記包含物層が膜堆積法で形成されていることを特徴とする、請求の範囲第4～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

8. 前記包含物層(3)が柱状物を生じさせることから成ることを特徴とする、請求の範囲第7項に記載の、薄膜を移行させる方法。

9. 前記包含物層(7)が粒状接合部を生じさせることから成ることを特徴とする、請求の範囲第7項に記載の、薄膜を移行させる方法。

10. 前記包含物が前記ガス状化合物に対して化学的親和性を有していることを特徴とする、請求の範囲第1～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

11. 前記包含物が、その包含物層を形成している材料と、該層に隣接する該基板の領域とがパラメーターに関して整合していないことにその起源があることを特徴とする、請求の範囲第1～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

12. 前記包含物層が、基板(13)の層(15)をエッチングする方法によって形成されていることを特徴とする、請求の範囲第4～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

13. 前記包含物層が、前記基板の層中への元素の注入によって形成されていることを特徴とする、請求の範囲第1～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

14. 前記元素の注入を、トラップの効率を上げることができる熱処理により補助することを特徴とする、請求の範囲第13項に記載の、薄膜を移行させる方法。

15. 包含物の形態、構造を熱処理によって改変することを特徴とする、請求の範囲第13項に記載の、薄膜を移行させる方法。

16. 前記包含物層が前記膜構造体中の膜(1層または複数層)の熱処理によって得られていることを特徴とする、請求の範囲第4～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

17. 前記包含物層が前記膜構造体中の膜(1層または複数層)に応力を加えることによって得られていることを特徴とする、請求の範囲第4～6項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

18. 前記ガス状化合物を中性化合物とイオンの中から選ばれる化合物の衝撃によって注入することを特徴とする、請求の範囲第1～17項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

19. 前記ガス状化合物を、プラズマ補助拡散法、熱拡散法、ならびに熱拡散法および電気的分極で補助された拡散法と併用されたプラズマ補助拡散法から選ばれる方法によって注入することを特徴とする、請求の範囲第1～17項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

20. 前記包含物層中の基板を弱化することができ、それによって薄膜(25)と基板(26)の残りの部分との間で分離を可能にする熱処理工程を含んでいることを特徴とする、請求の範囲第1～19項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

21. 前記基板において境界を画成している薄膜(25)を、該薄膜が該基板の残りの部分と分離した後に接着する支持体(23)と密接させる工程も含んでいることを特徴とする、請求の範囲第1～20項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

22. 前記密接をウエハーの接着によって達成することを特徴とする、請求の範囲第21項に記載の、薄膜を移行させる方法。

23. 前記基板を弱化させる前記熱処理工程がパルス加熱によって行われることを特徴とする、請求の範囲第20～22項のいずれか1項に記載の、薄膜を移行させる方法。

24. 前記薄膜と前記基板の残りの部分との間の分離に寄与せしめるべく機械的応力の使用を含むことを特徴とする、請求の範囲第1～23項のいずれか1項に記載、薄膜を移行させる方法。

25. 請求の範囲第1～24項のいずれか1項に記載の方法の、原基板からのシリコン薄膜の移行に対する適用。

26. 請求の範囲第1～24項のいずれか1項に記載の方法の、原基板から出発する、周期律表第III-V族半導体材料より成る薄膜の移行に対する適用。

27. 請求の範囲第1～24項のいずれか1項に記載の方法の、複数の薄膜から作られている構造体から構成される薄膜自体の移行に対する適用。

28. 前記薄膜が少なくとも部分的に処理された後に該薄膜を移行させて、移行されるべき薄膜の全部または一部の上にその上の集積回路を形成したことを特徴とする、請求の範囲第1～24項のいずれか1項に記載の方法の適用。

29. 前記薄膜が少なくとも部分的に処理された後に該薄膜を移行させて、移行されるべき薄膜の全部または一部の上にその上のオプトエレクトロニクス成分を形成したことを特徴とする、請求の範囲第1～24項のいずれか1項に記載の方法

(ち5) 101-507525 (P2001-507525A)

の適用。



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 98/02904

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01L21/265 H01L21/762

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 533 551 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 24 March 1993 cited in the application -----	
A	EP 0 717 437 A (ADVANCED MICRO DEVICES INC) 19 June 1996 -----	
A	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 October 1997 -----	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 1999

Date of mailing of the international search report

16/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Palantien 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schuermans, N

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 98/02904

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0533551 A	24-03-1993	FR 2681472 A JP 5211128 A US 5374564 A	19-03-1993 20-08-1993 20-12-1994
EP 0717437 A	19-06-1996	JP 8255885 A	01-10-1996
EP 0801419 A	15-10-1997	FR 2747506 A JP 10041242 A SG 52946 A	17-10-1997 13-02-1998 28-09-1998

---

フロントページの続き

- (72)発明者 アスパル ベルナルド  
フランス国 リベス, ロティスセメント  
ル ハメアウ デ アイエス 110  
(72)発明者 マレビレ クリストフ  
フランス国 ノヤレイ, シュマン デュ  
ディデイ, 159